

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA

Vida Kariž Merhar

**KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU
FIZIKALNIH VSEBIN - NIHANJE IN
VALOVANJE**

doktorska disertacija

mentor: dr. Mojca Čepič, izredni profesor
somentor: dr. Gorazd Planinšič, izredni profesor

Ljubljana, 2008

ZAHVALA

Za vodenje skozi celoten proces izdelave doktorske naloge, za vso pomoč, številne nasvete in predloge, predvsem pa za vzpodbujanje in motiviranje se zahvaljujem mentorici dr. Mojci Čepič. Za pomoč, nasvete, predloge in vzpodbude se zahvaljujem somentorju dr. Gorazdu Planinšiču.

Iskreno se zahvaljujem kolegicama Suzani Perhavec in Majdi Pešec, ki sta preizkušali konstruktivistično metodo poučevanja vsebin iz nihanja in valovanja. Brez njunega potrpežljivega in vztrajnega dela raziskave ne bi bilo mogoče izvesti. Pri raziskavi so pomagali tudi kolegi Rasto Snoj, Tatjana Pečenko Povše, Boris Kham in Lojze Vrankar. Zahvaljujem se jim za pomoč.

Zahvaljujem se gospe Marji Šteblaj in dr. Janezu Jermanu za nasvete pri izdelavi statističnega dela naloge.

Zahvaljujem se tudi vodstvu Gimnazije Vič, ki je imelo vseskozi posluh za moje delo in moji družini, ki me je potrpežljivo prenašala.

1 IZVLEČEK IN KLJUČNE BESEDE

V naravi se pojavlja gibanje v dveh oblikah: gibanje kot časovno spreminjanje lege opazovanega telesa oz. objekta in kot valovanje, ki je oblika prenosa gibanja od izvira na okoliško sredstvo. Zaradi enostavnosti in obilice izkušenj učencev z gibanji teles, so vsebine povezane s časovnim spreminjanjem lege objektov dobro usvojene. Prenos konceptov iz teh vsebin v nihanje in valovanje pa predstavlja vir napačnih predstav. Prenos izkušenj je še posebej razviden iz zakoreninjenih napačnih predstav, ki so prisotne tudi po koncu srednješolskega izobraževanja. Poleg omenjenih konceptualnih težav odkrivajo raziskave tudi težave z grafičnimi predstavitvami nihanja v odvisnosti od ene spremenljivke. Pri grafičnem opisu valovanja, kjer se je potrebno osredotočiti na dve spremenljivki, se težave še dodatno stopnjujejo. Formalno matematično opisovanje obeh pojavov, ki bi moralo biti nadgradnja pravilno razumljenih konceptov, tako pogosto vodi do računske rutine učencev pri znanih problemih in nesposobnosti uporabe v novih problemskih situacijah.

V nalogi je predstavljena novo razvita učna metoda, ki vsebuje elemente konstruktivizma in zmanjšuje težave z napačnimi predstavami in razumevanji v tematikah nihanje in valovanje. To je konstruktivistična metoda, ki je predstavljena v obliki učnih priprav, tako da jo je mogoče neposredno uporabiti pri pouku. Dokumentirana je uporaba metode za pouk za obdobje enega trimestra z eksperimenti, nalogami, ter pogostimi odgovori in komentarji dijakov. V nalogi je predstavljen preišljen izbor vprašanj za ugotavljanje predznanja, predstav in izkušenj dijakov, skrbno so izbrani motivacijski eksperimenti in navodila za učiteljevo posredovanje ob učenčevi konstrukciji pravih razlag in konceptov.

Uspešnost konstruktivistične metode potrjuje učenčeva samostojnost pri konstrukciji pravih zaključkov in razlag. Kot dodatno preverjanje

uspešnosti in učinkovitosti metode je bila izvedena preliminarna raziskava, ki je bila opravljena na treh različnih gimnazijah. V raziskavi sta na vsaki od treh gimnazij sodelovala dva oddelka dijakov, od katerih je bil en poučevan vsebine iz nihanja in valovanja s konstruktivistično metodo, drugi pa na tradicionalni način z elementi konstruktivizma. Raziskava je pokazala, da je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri usvajanju ciljev iz nihanja in valovanja in preseganju napačnih predstav iz omenjenih vsebin kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma. Učinkovitost konstruktivistične metode je potrdila tudi krajša raziskava med dijaki četrtnih letnikov. Dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja in valovanja poučevani s konstruktivistično metodo, so tudi po letu in pol po obravnavi snovi izkazali boljše rezultate kot vrstniki, ki so bili poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

Doktorsko delo prinaša pomemben prispevek k specialni didaktiki fizike in k pedagoškim raziskavam o poučevanju fizike. Podrobno dokumentiran razvoj metode bo morda v pomoč tudi pri razvoju pouka drugih naravoslovnih predmetov.

Ključne besede: nihanje, valovanje, konstruktivizem, pouk fizikalnih vsebin

1.1 ABSTRACT AND KEY WORDS

The motion appears in nature in two ways: as a time dependent position of the observed object or as waves. Waves are sort of motion which is caused by the source and then propagates to the surrounding. Both of motions have different characteristics. Students have more experience with describing time dependent motion; therefore they do not have problems with that sort of motion. However when they use the knowledge about the time dependent motion in vibration and waves, they have problems how to use that knowledge. If they directly transfer the knowledge of the time dependent motion of an object into vibration and waves, they experience conceptual problems with understanding of vibration and waves.

The research presents a new method of teaching the topic vibration and waves, which includes elements of constructivism. The use of the new method is documented: there are carefully chosen questions to find the knowledge about vibration and waves that students have already had before the teacher introduces vibration and waves in the classroom. There are also presented carefully chosen demonstration experiments to motivate students, then questions, problems and activities for students in the classroom, which help students to construct correct concepts about vibration and waves.

A research was made to evaluate the effects of the new method of teaching vibration and waves in comparison to the effects of the traditional teaching. The research was performed in three different schools, and the result of this research is that the new method is more effective than the traditional one. The new method is also more effective in overcoming the misconceptions about vibrations and waves and the students taught by the new method had fewer problems to construct the proper concepts about vibrations and waves.

The new method is an important contribution to the special didactic of physics and to physics educational research. The new method is presented as preparations for the class and other teachers can use them. This research might also help other school subjects such as chemistry and biology to design new teaching methods or it can be used for another educational research.

Key words: vibration, waves, constructivist approach, constructivist method

2 KAZALO

1	IZVLEČEK IN KLJUČNE BESEDE	5
1.1	ABSTRACT AND KEY WORDS	7
2	KAZALO	9
3	UVOD	13
4	TEORETIČNA IZHODIŠČA	19
4.1	KRATEK PREGLED TEORIJ UČENJA.....	19
4.2	PRISTOPI K POUČEVANJU	21
4.3	PEDAGOŠKE RAZISKAVE POUČEVANJA FIZIKE.....	26
4.4	KRATEK PREGLED RAZISKAV RAZUMEVANJA NEKATERIH FIZIKALNIH POJMOV IN KONCEPTOV.....	30
4.4.1	RAZISKAVA O RAZUMEVANJU HITROSTI TER POSPEŠKA V ENI DIMENZIJI	30
4.4.2	RAZISKAVE O TEŽAVAH PRI RISANJU GRAFOV V KINEMATIKI	34
5	IDENTIFIKACIJA PROBLEMA	44
5.1	PREGLED RAZISKAV S PODROČJA NIHANJA IN VALOVANJA V TUJINI.....	44
5.2	ODKRIVANJE TEŽAV Z RAZUMEVANJEM VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA V SLOVENIJI.....	50
5.3	UGOTAVLJANJE VZROKOV ZA TEŽAVE Z RAZUMEVANJEM VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA ...	55
5.3.1	ANKETA O POUKU FIZIKE MED UČITELJI FIZIKE	56
5.3.2	ANKETA O POUKU FIZIKE MED DIJAKI	62
6	KONSTRUKTIVISTIČNA METODA.....	67
6.1	RAZVOJ KONSTRUKTIVISTIČNE METODE.....	68
6.1.1	UGOTAVLJANJE PREDZNANJA	69

6.1.2 IZBOR EKSPERIMENTOV	74
6.1.3 SPROTNO PREVERJANJE RAZUMEVANJA.....	76
6.2 UČNA URA S KONSTRUKTIVISTIČNO METODO	82
6.3 PRIMERJAVA TRADICIONALNE METODE Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA IN KONSTRUKTIVISTIČNE METODE POUČEVANJA	86
6.4 KONSTRUKTIVISTIČNA METODA OBRAVNAVE VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA.....	89
7 EVALVACIJA USPEŠNOSTI KONSTRUKTIVISTIČNE METODE.....	92
7.1 VZOREC	92
7.2 MERSKI INSTRUMENTI.....	95
7.2.1 OPIS MERSKIH INSTRUMENTOV.....	96
7.2.2 MERSKE KARAKTERISTIKE.....	99
7.3 POSTOPEK ZBIRANJA PODATKOV.....	102
7.4 SPREMENLJIVKE.....	103
7.5 STATISTIČNA ANALIZA.....	103
7.5.1 NORMIRAN PRIRASTEK.....	104
7.5.2 <i>t</i> -PREIZKUS	106
7.5.3 LEVENEVOV F-TEST	107
7.5.4 ANALIZA KOVARIANCE	108
7.6 REZULTATI	108
7.6.1 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ NIHANJA.....	108
7.6.2 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA.....	118
7.6.3 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU.....	121
7.6.4 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ VALOVANJA.....	124
7.6.5 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ VALOVANJA.	129
7.6.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU.....	132

7.7 POVZETEK ANALIZE USPEŠNOSTI	
KONSTRUKTIVISTIČNE METODE.....	134
8 ZAKLJUČEK.....	137
9 VIRI.....	142
10 DODATEK.....	150
10.1 DODATEK A.....	151
10.1.1 CILJI IZ UČNEGA NAČRTA ZA VSEBINE IZ NIHANJA	151
10.1.3 CILJI IZ UČNEGA NAČRTA ZA VSEBINE IZ VALOVANJA .	160
10.1.4 DEJAVNOSTI ZA PREVERJANJE DOSEGANJA CILJEV IZ VALOVANJA	162
10.2 DODATEK B.....	168
10.2.1 ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – UČITELJI	169
10.2.2 ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA - UČITELJI	176
10.2.3 ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – DIJAKI.....	188
10.2.4 ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA - DIJAKI	192
10.3 DODATEK C.....	197
10.3.1 PRIMERJAVA TRADICIONALNEGA PRISTOPA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA IN KONSTRUKTIVISTIČNEGA PRISTOPA K POUKU	197
10.3.2 TRADICIONALNA OBRAVNAVA CILJEV IZ NIHANJA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA.....	198
10.3.3 KONSTRUKTIVISTIČNA OBRAVNAVA CILJEV IZ NIHANJA	209
10.4 DODATEK D.....	253
10.4.1 REFERENČNI TEST IZ NIHANJA	253
10.4.2 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ NIHANJA.....	256
10.4.3 PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA	273
10.4.4 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ NIHANJA....	278
10.4.5 PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU	288
10.4.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU.....	292

10.5 DODATEK E	303
10.5.1 TRADICIONALNA OBRAVNAVA CILJEV IZ VALOVANJA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA	303
10.5.2 KONSTRUKTIVISTIČNA OBRAVNAVA CILJEV IZ VALOVANJA	316
10.6 DODATEK F	348
10.6.1 REFERENČNI TEST IZ VALOVANJA	349
10.6.2 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ VALOVANJA.....	352
10.6.3 PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA.....	363
10.6.4 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ VALOVANJA	367
10.6.5 PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU.....	372
10.6.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU.....	378

3 UVOD

Znanje z razumevanjem je temeljni cilj vsake šole (Plut Pregelj 2005). Kako poučevati, da bo ta temeljni cilj dosežen?

Teoretičnih pogledov na poučevanje je več. Najpreprosteje jih razdelimo na behavioristične in kognitivne (Ausubel idr. 1987, Bransford idr. 2000). Behavioristi se pri pojasnjevanju učenja osredotočajo na zunanje okoliščine kot vzrok sprememb v vedenju, medtem ko kognitivne teorije označujejo učenje kot aktivni miselni proces sprejemanja, pomnjenja in uporabe znanja. Kognitivisti zagovarjajo, da ljudje svoje odzive načrtujejo ter vsebine učenja organizirajo na sebi lasten način. Med kognitiviste uvrščamo tudi konstruktiviste (Cohen 2008), ki poudarjajo aktivno vlogo učenca pri izgradnji razumevanja in iskanju smisla informacij. Učni proces zastavljajo tako, da učitelji pri pouku v čim večji meri izhajajo iz idej in razlag učencev ter se ukvarjajo s tem, katere aktivnosti pripomorejo h kvalitetnejšemu učnemu procesu (Marzano idr. 1988). Nekateri avtorji (McTighe idr. 1999) predlagajo, da se učitelji osredotočajo na cilje (naloge), ki naj bi jih dijaki po končani obravnavani snovi dosegli oz. bili sposobni rešiti. Pouk in aktivnosti pa naj bodo načrtovani tako, da učenci zastavljene cilje dosežejo. V šoli oblikujejo učenci znanje z razumevanjem pri takem pouku, ki izhaja iz učenca in njegovih izkušenj, predznanja in razumevanja. Pouk mora potekati v aktivnem učnem okolju, v katerem učenci gradijo svoje znanje z opazovanjem in poskusi, postavljanjem in preverjanjem hipotez. Spremembe učenčevih prepričanj se zgodijo, ko se pojavi konfrontacija zaradi razlike med rezultati opazovanja in napovedjo učenca (Laws idr. 2003). Učitelj pri takem pouku ni več prenašalec znanja, pač pa vodi učence v procesu pridobivanja znanja. Problemi in naloge, ki jih učitelj predvidi za doseganje izbranih ciljev pri pouku, morajo biti v čim večji meri povezani z vsakdanjim življenjem, kajti naloge iz učbenikov

običajno idealizirajo objekte in dogodke, njihov način reševanja pa učence sili v memoriranje enačb in postopkov reševanja (Heller idr. 1981).

Pri tradicionalnem načinu poučevanja fizikalnih vsebin, kjer učitelj predstavi vsebino, izpelje potrebne abstraktne matematične opise pojavov in spoznanja na koncu potrdi z demonstracijskim eksperimentom, lahko prepoznamo behavioristični pristop. Pedagoške raziskave poučevanja fizikalnih vsebin so bile in so še vedno pretežno usmerjene v razvoj novih pripomočkov ter demonstracijskih in laboratorijskih eksperimentov (Davis idr. 1979, Mamola 1998, McDermott idr. 1999, Pizzo 2001). Razvoj poteka tako v smeri iskanja preprostih demonstracijskih eksperimentov (Gibbs 1999), pri katerih se uporabljajo predvsem pripomočki iz vsakdanjega življenja ter preproste otroške igrače (McCullaugh idr. 2000), do takih, pri katerih fizikalne pojave povežemo z analognimi poskusi (Kridler idr. 2001, Saba idr. 2003). Velik razvoj je bil dosežen tudi pri razvoju eksperimentov, ki jih demonstriramo z uporabo računalniške opreme (Mellema 2001, Thornton idr. 1990). Šele v zadnjih dveh desetletjih so se pedagoške raziskave usmerile na odkrivanje predhodnih (Morrison idr. 2003) in napačnih predstav (Gardner idr. 1993) ter v razvoj metod poučevanja, ki vodijo do najbolj učinkovitega odpravljanja le-teh (McDermott 1991). Raziskave so bile narejene iz področja mehanike o razumevanju pojma hitrosti ter pospeška (Trowbridge idr. 1980, 1981), o razumevanju negativnih vrednosti hitrosti (Goldberg idr. 1989), o konceptu gibanja kot časovnem spreminjanju lege telesa (Halloun idr. 1985), o Newtonovih zakonih gibanja (Thornton idr. 1998) ter o tem, kako študenti interpretirajo grafe iz kinematike (Beichner 1994). Avtorji so ugotovili, da učenci pogosto opredeljujejo hitrost in pospešek glede na lego telesa ter imajo težave z uporabo definicij teh dveh količin. Razumevanje dogajanja v električnem krogu so avtorji (McDermott idr. 1992) preverjali tako, da so učenci uporabili znanje pri razlagi konkretnih vezij. Iz optike so bile narejene raziskave o razumevanju posameznih vsebin na temo širjenja svetlobe in nastanka sence (Wosilait idr. 1998), razumevanju nastanka realne slike z lečo ter zrcalom (Goldberg idr. 1987) ter o razumevanju nastanka slike z ravnim zrcalom (Goldberg idr. 1986). Iz področja toplote je bila narejena

raziskava o razumevanju razlike med konceptom toplote ter konceptom temperature (Yeo idr. 2001). Edine raziskave konceptov valovanja so bile narejene na univerzi v Marylandu v ZDA (Wittmann 2002). Raziskave so bile opravljene le na omejenem področju vsebin iz širjenja valovanja, superpozicije valovanja ter opisa valovanja.

Najintenzivnejše raziskave s področja razvoja metod poučevanja potekajo v ZDA. Izvedeni so bili projekti: Workshop Physics Project (Laws idr 2003), The Real Time Physics (Thornton idr. 1990), ki temeljijo na postopni izgradnji konceptov ob uporabi računalniških programov in simulacij kot osnove pouka. Alternativno metodo aktivnega poučevanja, ki so jo imenovali metoda vodenega odkrivanja, so razvili na univerzi v Washingtonu (McDermott 2000). Metoda temelji na skrbno načrtovanem izboru eksperimentalnih in miselnih nalog, ki jih učenci rešujejo v vnaprej predpisanem zaporedju. O spoznanjih in rešitvah razpravljajo z učiteljem, ki hkrati spremlja tudi njihovo napredovanje. Na ta način so bile do sedaj obravnavane le nekatere teme iz mehanike, elektrike, optike ter superpozicije valovanja.

Raziskav o razumevanju konceptov, povezanih z nihanjem, kljub široko zastavljenemu in intenzivnemu iskanju nisem našla. Pregled literature kaže, da so vsebine iz nihanja in valovanja v pedagoških raziskavah le redko predmet obravnave, zato je raziskava in obdelava tega področja smiselna.

Razumevanje koncepta nihanja predstavlja temelj za nadgrajene vsebin iz področja akustike, elektromagnetnega valovanja, optike in moderne fizike, zato je pomembno, da ga dijaki dobro in pravilno usvojijo.

Z gibanjem kot časovnim spreminjanjem lege opazovanega telesa imajo učenci obilo izkušenj iz vsakdanjega življenja. Opis tega gibanja z Newtonovo mehaniko učenci pri pouku fizike dobro usvojijo. Učenci koncepte, usvojene pri mehaniki nekritično prenašajo tudi na druga področja, predvsem na področje nihanja in valovanja, ki se v mnogih

konceptih razlikuje od opisovanja gibanja teles. Izkušnje kažejo, da predstavlja prenos konceptov opisa časovnega spreminjanja lege telesa na opisovanje nihanja in valovanja pogosto vir napačnih predstav. Dosedanje raziskave predstav pri študentih prvih letnikov fakultete (Wittmann idr. 2002) in rezultati reševanja maturitetnih nalog s področja nihanja in valovanja (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001) potrjujejo, da dijaki nekritično prenašajo koncepte iz mehanike v nihanje in valovanje in kažejo na sistematično pojavljanje naslednjih napačnih predstav:

- nihajni čas preprostega matematičnega nihala je pomembno odvisen od mase uteži,
- nihajni čas nihala je pomembno odvisen od amplitude nihala,
- pri valovanju se iz kraja v kraj premikata snov in energija,
- deli valujočega sredstva se gibljejo v isto smer kot se širi valovanje,
- hitrost širjenja valovanja je odvisna od amplitude ter od valovne dolžine valovanja,
- potujoče motnje se ob srečanju odbijejo.

Večina naštetih napačnih predstav izhaja iz nekritičnega prenosa konceptov, ki so jih učenci formalno usvojili pri obravnavi gibanja teles, v razlago nihanja in valovanja. Dodatne težave pri konstrukciji pravih predstav povzročajo tudi odvisnosti opazovanih pojavov od dveh neodvisnih spremenljivk, s katerim se učenci srečajo prvič. Iz navedenega sledi, da tradicionalni (behavioristični) način poučevanja, ki je glede na rezultate ankete med učitelji fizike v Sloveniji najpogosteje uporabljen, slabo zaznava napačne predstave in ne razvija zadovoljivo konceptov in predstav, ki so nujne za razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja. Pri tem kot tradicionalni način poučevanja opredeljujem metodo poučevanja, pri kateri učitelj snov razlaga, pokaže demonstracijski eksperiment ter uro zaključi z utrjevanjem z računskimi nalogami. Da tradicionalni način poučevanja ni dovolj učinkovit v smislu razumevanja vsebin, potrjujejo tudi raziskovalci v tujini (Thornton idr. 1998, Yeo idr. 2001). Torej je potrebno

razviti tradicionalni metodi poučevanja alternativno, ki bo omogočala usvajanje pomembnih konceptov iz področja nihanja in valovanja.

V nalogi sem se osredotočila na razvoj in uporabo učne metode, ki bo omogočala usvajanje pravih konceptov iz področja nihanja in valovanja.

Cilji naloge so:

1. izdelava in izbor primernih poskusov in primerov ob katerih vpeljemo nove pojme in konstruiramo opis nihanja in valovanja,
2. razvoj prototipa učnih sekvenc za pouk vsebin nihanja in valovanja, ki bodo temeljile na konstruktivističnem pristopu in bodo vključevale spoznanja in izboljšave iz prejšnje točke. Okvirna zgradba sekvenc bo naslednja:

- Uvod v učne enote
 - motivacija za obravnavo teme (primeri iz vsakdanjega življenja, navezave na znane pojave, povezovanje z drugimi predmeti),
 - ugotavljanje predznanja in predstav.
- Jedro učne enote
 - opazovanje začetnega eksperimenta,
 - opis pojava, vpeljava novih pojmov in spremenljivk in opis relacij med njimi,
 - učni poseg,
 - postavljanje preišljenih vprašanj, diskusija*,
 - formiranje sklepov, napovedi, hipotez,
 - preverjanje sklepov, napovedi, hipotez ob eksperimentu/ vrnitev na * in iteracija, če je potrebno.
- Zaključek učne enote
 - povzetek razlage in sklep,
 - utrjevanje snovi, reševanje problemov in preverjanje znanja in razumevanja.

3. izvedba preliminarnе raziskave o uspešnosti novo razvite metode.

Naloga je razdeljena na Teoretična izhodišča, Identifikacijo problema, Razvoj konstruktivistične metode ter Evalvacijo uspešnosti konstruktivistične metode. V teoretičnih izhodiščih so predstavljene raziskave o metodah poučevanja, ki so usmerjene na odkrivanje predhodnih in napačnih predstav ter v odpravljanje le-teh. Del z naslovom Identifikacija problema vključuje krajšo anketo med učitelji fizike o tem, kako najpogosteje poučujemo vsebine iz fizike v gimnazijah v Sloveniji ter kakšno je mnenje učiteljev in dijakov o razumevanju fizikalnih vsebin. Sledi predstavitev nove metode poučevanja – konstruktivistične metode ter njena konkretna uporaba pri poučevanju vsebin iz nihanja in valovanja. Predstavljeni so motivacijski problemi, vprašanja in naloge za odkrivanje predznanja in napačnih predstav, izbor ustreznih eksperimentov in navodil za učiteljevo posredovanje od učenčevi konstrukciji pravih razlag in konceptov ter nabor vprašanj in nalog za utrjevanje in preverjanje znanja.

Ali je in če je, koliko je konstruktivistična metoda uspešnejša od tradicionalne z elementi konstruktivizma, sem preverila s preliminarno raziskavo. V raziskavi sem primerjala rezultate testov eksperimentalne skupine dijakov, ki je bila poučevana s konstruktivistično metodo in kontrolne skupine, ki je bila poučevana na tradicionalni način z elementi konstruktivizma. Eksperimentalno skupino so sestavljali dijaki treh različnih gimnazij, ki so jih poučevali trije različni učitelji, kontrolna skupina je prav tako sestavljena iz dijakov teh treh gimnazij, ki so jih poučevali drugi učitelji.

Največje težave pri izvedbi raziskave so bile povezane s prepričevanjem kolegov učiteljev za sodelovanje. Učitelji se težko odločijo za preizkušanje nečesa novega pri pouku, še posebno, če traja preizkušanje daljši čas, kot se je to zgodilo v tej raziskavi, pri kateri učna snov obsega kar tretjino ur pouka fizike v celem šolskem letu. Njihov strah je izviral iz prepričanja, da bodo za to porabili preveč časa. Tudi dijaki so potrebovali nekaj časa, da so sprejeli aktiven način dela.

4 TEORETIČNA IZHODIŠČA

Poglavje Teoretična izhodišča vsebuje kratek pregled teorij učenja ter predstavitev pristopov k poučevanju, ki temeljijo na aktivnostih učencev. Predstavljene so tudi pedagoške raziskave, ki so bile opravljene o razumevanju nekaterih fizikalnih vsebin, ki so temeljne za razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja.

4.1 KRATEK PREGLED TEORIJ UČENJA

Teoretičnih pogledov na poučevanje je več. Najpreprosteje jih razdelimo (Ausubel idr. 1987, Bransford idr. 2000) na behavioristične in kognitivne. Med behavioristične uvrščamo asociativistične, klasično pogojevanje, instrumentalno ali operantno pogojevanje in teorijo podkrepitve, med kognitivne pa Gestalt psihologijo in konstruktivizem (Woolfolk 2002).

Tabela 4.1: Razdelitev teorij učenja po A. Woolfolk.

behavioristične	asociativistične
	klasično pogojevanje
	instrumentalno ali operantno pogojevanje
	teorija podkrepitve
kognitivne	Gestalt psihologija
	konstruktivizem

Teoretični pogledi na poučevanje so povzeti po A. Woolfolk in B. Marentič Požarnik (Barentič Požarnik 2000, Woolfolk 2002). Behavioristi pojmujejo učenje kot proces, v katerem izkušnje povzročijo relativno stalno

spremembo v znanju ali vedenju. Pri pojasnjevanju učenja se osredotočajo na zunanje dogodke kot vzrok sprememb v vedenju, ki ga lahko opazujemo. Mentalni procesi: mišljenje, predstave, pričakovanja... jih ne zanimajo, saj menijo, da ne morejo biti predmet znanosti, ker jih ne moremo objektivno raziskovati. V to skupino teorij učenja uvrščamo asociativistični pogled na učenje. Asociativisti zagovarjajo, da gre pri učenju za ustvarjanje in krepitev asociativnih zvez in da je pri tem bistvenega pomena ponavljanje. Asociacije nastajajo kot povezovanje specifičnega dražljaja s specifičnim odzivom. Kadarkoli se dva ali več dražljajev pojavljajo skupaj dovolj pogosto, potem postanejo povezani. Kasneje, ko se pojavi samo eden od teh dražljajev, se bomo spomnili tudi drugega. V to skupino teorij učenja uvrščamo tudi klasično pogojevanje, pri katerem na temelju brezpogojnega refleksa nastane pogojni refleks. Brezpogojni refleksi so podedovane zveze med dražljajem in odzivom, pogojni refleksi pa so del naučenega vedenja.

Kognitivne teorije učenja označujejo učenje kot aktivni miselni proces sprejemanja, pomnjenja in uporabe znanja. Učenje je rezultat naših poskusov osmišljanja sveta. Kognitivisti v nasprotju z behavioristi trdijo, da je učenje ljudi več kot le odzivanje na nagrado ali kazen. Ljudje lahko svoje odzive načrtujemo, vsebine, ki se jih učimo, organiziramo na sebi lasten način. Učenje so pojmovali kot aktiven miselni proces. Kognitivisti poudarjajo pomen človekovih spoznavnih procesov ter doseganje globljega razumevanja.

Gestalt psihologi, ki jih tudi štejemo v skupino kognitivistov, so izhajali iz predpostavke, da človek pri zaznavanju teži k ustvarjanju smiselnih vzorcev. To so prenesli na učenje: novo problemsko situacijo bomo preoblikovali tako, da bo postala podobna že znani situaciji. Kognitivist Ausubel (Ausubel idr. 1987, Barentič Požarnik 2000) je preučeval mehanizme smiselnega besednega učenja. Poudarjal je pomen obstoječega znanja, saj vsebine, ki se jih učimo, organiziramo okoli glavnih sidrnih idej.

V skupino kognitivnih teorij učenja uvrščamo tudi konstruktiviste, ki poudarjajo aktivno vlogo učenca pri izgradnji razumevanja in iskanja smisla informacij.

Prepričani so, da mora znanje vsakdo z lastno miselno aktivnostjo zgraditi sam. Ideje konstruktivistov temeljijo na spoznanjih Piageta (Labinowitz 1989), ki je preučeval, po kakšnih mehanizmih otroci različnih starosti spoznavajo svet in se učijo.

V razvoju mišljenja je Piaget opredelil štiri glavne stopnje (Labinowitz 1989):

- senzomotorična stopnja (0 – 2 leti): probleme, s katerimi se otrok v tej dobi srečuje, rešuje na osnovi praktičnega preizkušanja,
- stopnja predoperativnega mišljenja (2 – 7 let): otroku se v tem obdobju razvijejo predstave, ki se kažejo v posnemanju, simbolični igri, domišljiji in jeziku,
- stopnja konkretnih operacij (7 – 12 let): otroci so sposobni operacije reverzibilnosti, to je, da v mislih obrnejo operacijo, v mislih so sposobni obdržati dve ali več značilnosti hkrati.
- stopnja formalnih operacij ali obdobje abstraktnologičnega mišljenja (od 12 let naprej). Mišljenje ni več vezano le na predmete in konkretne situacije.

4.2 PRISTOPI K POUČEVANJU

Različni avtorji zagovarjajo različne pristope k poučevanju. Predstavljeni so pristopi k poučevanju, ki so se izoblikovali na osnovi konstruktivističnih idej ter pristopi k poučevanju različnih avtorjev (Bruner 1973, Gardner 1993, Marzano idr. 1988, Mazur 1997, White idr. 1996, Wiggins idr. 1998, Leach 2008), ki dajejo veliki pomen aktivnemu učenju.

Konstruktivisti torej postavljajo v središče učenca. Če je učenec v središču učnega procesa, moramo temu prilagoditi tudi metode poučevanja. Učenci so pri pouku aktivni, oblikujejo izkušnje, iščejo informacije za reševanje problemov in reorganizirajo znanja, ki jih imajo, da dosežejo nov vpogled.

Poleg specifičnega in splošnega znanja dajejo poudarek tudi deklarativnemu, proceduralnemu in strateškemu znanju: vedeti »kaj«, vedeti »kako« ter vedeti kdaj in zakaj uporabiti deklarativno in proceduralno znanje. Na osnovi konstruktivističnih idej so se izoblikovali štiri pristopi k poučevanju:

- raziskovalno in problemsko učenje,
- sodelovalno učenje,
- dialog in poučni razgovori,
- kognitivno vaještvo.

Obliko osnovnega raziskovalnega učenja je opisal J. Dewey (Barentič Požarnik 2000). Obstaja več priredb tega učenja, ki pa navadno poteka tako, da učitelj predstavi problem, učenci pa:

- oblikujejo hipoteze za rešitev problema,
- zberejo podatke za preizkušanje hipotez,
- naredijo zaključke,
- razmišljajo o procesih mišljenja, ki so bili potrebni pri njegovem reševanju.

Raziskovalno učenje omogoča učencem učenje vsebine in hkrati tudi procesa.

Pri problemskem učenju so učenci postavljeni pred resničen problem iz vsakdanjega življenja, ki nima nujno ene same rešitve in ne le ene poti reševanja. Učitelj pri problemskem učenju predstavi problem, pomaga učencem opredeliti in organizirati naloge, povezane s problemom, jih vzpodbuja pri zbiranju informacij, jim pomaga pri delu ter po zaključenem delu skupaj z učenci razmišlja o njihovem raziskovanju in miselnih procesih, ki so jih pri delu izvajali.

Sodelovalno učenje opredelimo kot tisto obliko učenja, pri kateri učenci delajo v skupinah in so nagrajeni glede na uspeh celotne skupine. D. in R. Johnson (Woolfolk 2002) pravita, da je za prave sodelovalne učne skupine značilnih pet elementov:

- interakcija učencev v skupini,
- pozitivna soodvisnost,
- odgovornost posameznika,
- sodelovalne spretnosti,
- skupinsko procesiranje – člani skupine spremljajo odnose v skupini ter tako spoznavajo njeno delovanje.

S poučnimi razgovori opredelimo pogovore, ki so oblikovani za spodbujanje učenja in niso predavanja ali tradicionalne diskusije. Udeleženci poučnega razgovora pomagajo drug drugemu pri učenju tako, da se pogovarjajo o skupni izkušnji.

Kognitivno vaještvo je oblika učenja, pri kateri manj izkušen učenec pridobiva znanje in spretnosti pod vodstvom strokovnjaka. Je bolj primerno za učenje strokovnih predmetov (Woolfolk 2002).

Številni avtorji (Mazur 1997, White idr. 1996, Gardner 1993, Bruner 1973, Wiggins idr. 1998, Marzano idr. 1988) dajejo velik pomen aktivnemu učenju. Pri takem učenju učenci gradijo svoje znanje sami s samostojnim raziskovanjem in razmišljanjem, s sodelovanjem v skupini, s postavljanjem in preizkušanjem hipotez. Različni avtorji dajejo pri tem poudarek različnim vidikom. Tako učenje je vpeto v realistične situacije.

- E. Mazur poudarja pomen medsebojnega izmenjevanja izkušenj in pogledov na obravnavano snov med učenci (Mazur 1997). Trdi, da učenci lažje razumejo razlago sošolcev, kot pa učitelja, ker imata vrstnika približno enako predznanje in izkušnje. Učitelju se zdijo nekatere stvari same po sebi umevne, kar pa z vidika učencev ni

vedno res. Predlaga, da pri pouku predstavimo problem, vsak posameznik ga reši, potem pa imajo učenci na voljo nekaj časa, da se o odgovoru na problem posvetujejo s sošolci. Svoj odgovor lahko po pogovoru spremenijo.

- R. White in R. Gunstone trdita, da bomo dosegli večje razumevanje snovi, če bomo od učencev vnaprej zahtevali, da napovedo izid eksperimenta in potem svojo napoved eksperimentalno preizkusijo (White idr. 1998).
- H. Gardner opozarja na napačne predstave, s katerimi vstopajo učenci v šolo (Gardner 1993). Trdi, da se učitelji premalo pozanimamo o tem, kakšne predstave imajo učenci o snovi, ki jo obravnavamo. Opozarja, da so predstave, ki si jih ustvarimo v otroštvu zelo močne in dolgotrajne in jih le težko presežemo. Napačne predstave učenca o obravnavani snovi so pogostokrat vzrok, da učenec ne razume tega, kar razlaga učitelj. H. Gardner meni, da bomo napačne predstave lahko odpravili, če bomo poznali način razmišljanja učencev. Tako bomo vedeli, kje v razmišljanju naredi učenec napako in bomo pri pouku načrtovali take aktivnosti, da bo dijak napake v razmišljanju presešel.
- Za učenje s samostojnim odkrivanjem se je zavzemal tudi J. S. Bruner. Zagovarja, da mora potekati reševanje problemov v šoli sistematično, učitelj delo učencev usmerja s problemskim dialogom (Bruner 1973). Trdi, da bo na tak način pridobljeno znanje trajnejše in uporabnejše tudi v novih situacijah, učenci pa se bodo poleg vsebin učili tudi metod reševanja problemov. Že sam potek pouka – samostojno odkrivanje, bo poskrbel tudi za večjo motivacijo učencev. J. S. Bruner vidi poučevanje kot proces, pri katerem je učenec aktiven, je tisti, ki selekcionira in transformira informacije, postavlja in preverja hipoteze. Učitelj učence pri učenju vzpodbuja in jih usmerja. Takemu načinu poučevanja pravimo vodeno odkrivanje.

- G. Wiggins in J. McTighe predlagata, da pouk načrtujemo tako, da si najprej zastavimo cilje, nato načrtujemo, kako bomo te cilje preverili ter šele nato načrtujemo aktivnosti pri pouku (Wiggins idr. 1998). Velik poudarek dajeta razumevanju vsebin. Trdita, da bodo učenci resnično razumeli, ko bodo znali razložiti, interpretirati, uporabiti v različnih kontekstih, ko bodo imeli perspektivo, ko bodo znali najti vrednost in ko bodo znali prisluhniti lastnemu razmišljanju.
- B. S. Bloom (Rutar Ilc 2003) znanje strukturira na šest nivojev: poznavanje, razumevanje, uporaba, analiza, sinteza in evalvacija. Kot poznavanje opredeljuje priklic, obnovo dejstev, informacij, pravil, postopkov, tudi ponavljanje razlag, interpretacij... S pojmom razumevanje opredeljuje, da je učenec dojel smisel posredovane informacije. Uporaba se kaže v aplikaciji metod, postopkov, principov, zakonitosti... v novih situacijah. Analiza pomeni razstavljanje informacije na elemente, da uvidimo odnos med njimi. Ko jih ponovno združimo v novo celoto, smo opravili sintezo. Vrednotenje pa pomeni presojo oziroma oceno rešitev.
- R. J. Marzano loči vsebinska in vseživljenjska procesna znanja (Marzano idr. 1988). Procesna znanja imajo dve vlogi: nakazujejo poti aktivnega učenja, z njimi pa učenci gradijo tudi vsebinska znanja. Marzano deli procesna znanja na: kompleksno razmišljanje (primerjanje, razvrščanje, indukcija, dedukcija, analiza napak, argumentiranje, abstrahiranje, odločanje, preiskovanje, reševanje problemov, eksperimentalno raziskovanje, odkrivanje), procesiranje podatkov (uporaba različnih tehnik zbiranja podatkov, interpretacija in sinteza podatkov, presoja vrednosti in uporabnosti podatkov), učinkovito predstavljanje idej (jasnost izražanja idej, komuniciranje z različnimi poslušalci, ustvarjanje kakovostnih produktov), sodelovanje v skupini (prizadevanje za skupne cilje, uporaba medosebnih veščin, prispevanje k delu skupine, prevzemanje vlog) in miselne navade (samoregulacija, kritično razmišljanje, kreativno mišljenje).

Tudi v Sloveniji se nekaj avtorjev ukvarja z raziskovanjem metod poučevanja. Da učenje ni le kopičenje in zapomnitev spoznanj, ampak aktivna izgradnja vsebinskega smisla ob samostojnem in kritičnem razmišljanju poudarja B. Marentič Požarnik. Trdi, da je učenje tem bolj uspešno čim bolj je aktivno in življenjsko vpeto v reševanje za učenca pomembnih problemov. S tem se spreminja tudi učiteljeva vloga, ki ni več prenašalec gotovega znanja (Barentič Požarnik 2000). B. Marentič Požarnik definira učenje kot: »Učenje je vsaka sprememba v vedenju, informiranosti, znanju, razumevanju, stališčih, spretnostih ali zmožnostih, ki je trajna in ki je ne moremo pripisati fizični rasti ali razvoju podedovanih vedenjskih vzorcev.« (Barentič Požarnik 2000).

Da nek proces opredelimo kot učenje, mora priti do spremembe zaradi izkušnje. Oseba, ki se uči, je torej v interakciji z okoljem. Spremembe, ki so posledice učenja, se kažejo v posameznikovem znanju ali vedenju.

Da so poti spoznavanja pomembnejše od rezultatov, opozarja v svojih prispevkih tudi Z. Rutar Ilc. Priporoča odpovedovanje pasivni vlogi iskanja pravih odgovorov v korist razumevanja in osmišljanja, raziskovanja in kritičnega premisleka. Kot cilj izobraževanja navaja preiščeno akcijo namesto reproduktivnega znanja (Rutar Ilc 2002).

Iz predstavljenih aktivnih metod poučevanja sem povzemala ideje za razvoj nove metode poučevanja vsebin iz nihanja in valovanja – konstruktivistične metode.

4.3 PEDAGOŠKE RAZISKAVE POUČEVANJA FIZIKE

Pedagoške raziskave poučevanja fizike so bile in so še vedno usmerjene pretežno v razvoj novih pripomočkov ter demonstracijskih in laboratorijskih eksperimentov (Davis idr. 1979, Gibbs 1999, Mamola 1998, McCoullough

idr. 2000, Pizzo 2001). Namen teh raziskav je razviti take učne pripomočke ter demonstracijske in laboratorijske eksperimente, s katerimi dijakom učitelji nazorno prikažejo izbrane fizikalne pojave, da bi jih učenci razumeli.

Nekateri avtorji raziskujejo, kako pojave predstaviti s preprostimi eksperimenti, pri katerih uporabljajo preproste pripomočke iz vsakdanjega življenja ter take, ki so običajno standardna oprema v fizikalnih kabinetih (Gibbs 1999, Mamola 1998). Pogosto predlagajo tudi eksperimente, za katere izdelajo pripomočke učenci sami iz preprostih materialov: papir, karton, slamice, plastelin... Nekateri avtorji predlagajo uporabo preprostih otroških igrač (McCoullough idr. 2001). Nekateri avtorji razvijajo eksperimente, s katerimi pokažejo pojave, ki jih s prostim očesom ne vidimo, na primer širjenje zvoka, interferenco svetlobe, Dopplerjev pojav (Krider idr. 2001, Pizzo 2001, Saba idr. 2003). Nekateri avtorji razvijajo tudi računalniške simulacije fizikalnih pojavov (Bauman 2001).

Več avtorjev (Mellema 2001, Thornton idr. 1990) se ukvarja z razvojem eksperimentov, pri katerih uporabljajo računalniško opremo. Učenci opravijo eksperiment z uporabo računalniškega vmesnika, na primer Vernier ter ustreznega programa, ki obdela meritve. Prednost te metode je, da računalniški program obdela večje število podatkov, ki jih predstavi tudi grafično, tako da učenci takoj vidijo, kakšna je odvisnost med merjenima količinama.

Šele v zadnjih dveh desetletjih potekajo pedagoške raziskave poučevanja fizike tudi na področju odkrivanja predhodnih in napačnih predstav učencev. Avtorji odkrivajo predhodne in napačne predstave s pogovorom oziroma diskusijo v razredu (Hammer 1996). Učitelj predstavi problem in izzove učence, da problem pojasnijo. Učitelj poseže v pogovor oziroma diskusijo med dijaki v primeru, če le-ta zaide stran od problema. Poleg pogovorov in diskusij uporabljajo učitelji tudi intervjuje. Intervju je pogovor o problemu s posameznim učencem, ter analizo pisnih nalog učencev (Morrison idr. 2003). Učitelji pogosto predstavijo problem, ob katerem teče diskusija ali intervju s preprostim eksperimentom. Učenci napovedo izid eksperimenta,

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

ga opravijo ter svoje napovedi primerjajo z izidom (McDermott idr. 1992, Rosenquist idr. 1987, Trowbridge idr. 1980, Trowbridge idr. 1981). Nekateri avtorji pa predlagajo za ugotavljanje predznanja predteste (Wosilait idr. 1998). Predtesti vsebujejo vprašanja, s katerimi učitelj ugotavlja, v kolikšni meri učenci že razumejo vsebine, ki jih bodo pri pouke šele obravnavali. Vprašanja so v predtestu običajno taksonomsko stopnjevana.

Tabela 4.2: Primerjava pasivnega in aktivnega učnega okolja avtorjev P. W. Lawsa, D. R. Sokoloffa in R. K. Thorntona.

PASIVNO	AKTIVNO
Učitelj in učbenik sta v središču učnega procesa. Sta vira za vse znanje.	Učenec gradi svoje znanje s poskusi in opazovanjem. V središču učnega procesa je opazovanje sveta, dogodkov in pojavov.
Učenec ni nikoli resnično izzvan, da bi povedal svoje videnje, svoj pogled o obravnavani snovi.	Učenci imajo možnost na osnovi lastnih prepričanj napovedati izid poskusa. Svojo napoved preverijo z opazovanjem realnega poskusa.
Učenci verjetno nikoli ne prepoznajo razlike med lastnimi prepričanji in tem, kar jim učitelj pove v razredu.	Spremembe učenčevih prepričanj se zgodijo, ko pride do konfrontacije zaradi razlik med rezultati opazovanja in njihovimi napovedmi.
Učitelj je avtoritativen.	Učitelj vodi učence v procesu pridobivanja znanja.
Sodelovanja učencev navadno ni.	Učitelj vzpodbuja sodelovanje in širjenje znanja z opazovanjem.
Eksperimentalni rezultati so predstavljeni kot dejstva.	Rezultati realnih opazovanj so pogosto podprti z računalniško opremo.
Laboratorijsko delo, če je že prisotno, uporabljamo kot potrditev naučenih teorij.	Laboratorijsko delo uporabljamo za učenje osnovnih konceptov.

Pedagoške raziskave poučevanja fizike potekajo tudi na področju razvoja metod, ki vodijo do najbolj učinkovitega odpravljanje napačnih predstav in boljšega razumevanja vsebin.

Avtorji so prepričani, da tradicionalni način poučevanja v pasivnem učečem okolju ne daje dovolj dobrih rezultatov. Tako so v ZDA razvili nekaj projektov, katerih cilj je bil, da bi pri pouku dosegli večje razumevanje vsebin: Workshop Physics Project ter The Real Time Physics. Workshop Physics Project (1986) se je osredotočal na kvantitativno razumevanje vsebin. Večje razumevanje so dosegli z uporabo matematičnih modelov in računalniških simulacij. The Real Time Physics (1992) je tradicionalni način poučevanja nadgrajeval z računalniško opremo. Učenci usvajajo znanje v skupinah iz 2-4 članov ob opazovanju eksperimenta. Eksperimenti so podprti z računalniško opremo tako, da so podatki takoj prikazani na nazoren način. Učence so vzpodbujali, da so napovedovali rezultate poskusov in jih uvajali v diskusijo. Bili so pozorni tudi na drugačna razumevanja učencev.

Več raziskav na področju poučevanja fizike je izvedla tudi skupina pod vodstvom L. C. McDermott (McDermott idr. 1998, McDermott 2000). Izhajali so iz načela konstruktivizma, da mora biti pouk osredotočen na učenca, ki mora svoje znanje graditi sam. Prizadevali so si, da je bil pouk raziskovalno usmerjen in je temeljil na eksperimentih. Učitelj je sproti sledil, kako učenci pridobivajo in gradijo svoje znanje in pri tem odkrival tudi možna napačna razumevanja. Omenjena skupina raziskovalcev je razvila metodo poučevanja, ki temelji na aktivnostih študentov. Pred začetkom obravnave novega poglavja študentje rešujejo predtest, ki vsebuje vprašanja iz vsebin, ki bodo sledile. Analiza odgovorov študentov na izbrana vprašanja pokaže težave, ki jih imajo študentje z razumevanjem izbranih vsebin.

Glede na izsledke analize predtesta učitelj pripravi aktivnosti, pri katerih se študentje soočijo s svojimi napakami v razmišljanju ter jih imajo tako možnost preseči. Aktivnosti učitelj pripravi tako, da študentje sledijo navodilom na delovnih listih. Naloge, napisane na delovnih listih naredijo študentje v skupini. Ko z delom zaključijo, se o rezultatih naloge pogovorijo z

učiteljem ter nadaljujejo z nalogami na naslednjem delovnem listu. Ob koncu poglavja sledi še test z nalogami za ocenjevanje.

4.4 KRATEK PREGLED RAZISKAV RAZUMEVANJA NEKATERIH FIZIKALNIH POJMOV IN KONCEPTOV

Predstavljen je kratek pregled raziskav razumevanja fizikalnih pojavov in konceptov, na katere se navezujejo koncepti nihanja in valovanja. Predstavljene so raziskave o razumevanju pojma hitrosti ter pospeška v eni dimenziji (Trowbridge idr. 1980, Trowbridge idr. 1981), o razumevanju koncepta gibanja kot časovnega spreminjanja lege telesa (Halloun 1985), o težavah pri risanju grafov v kinematiki (Beicher 1994, McDermott idr. 1987) ter o razumevanju Newtonovih zakonov gibanja (Thornton idr. 1998).

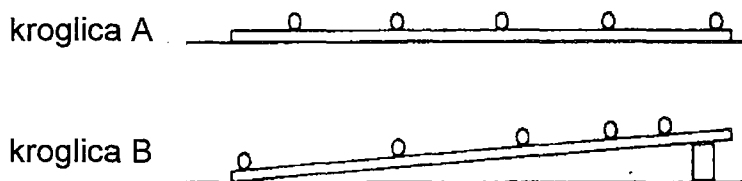
4.4.1 RAZISKAVA O RAZUMEVANJU HITROSTI TER POSPEŠKA V ENI DIMENZIJI

Na Univerzi v Washingtonu je bila opravljena raziskava o razumevanju koncepta hitrosti ter pospeška v eni dimenziji. V raziskavi je bilo vključenih 46 študentov, ki so bili poučevani na tradicionalni način in 36 študentov, ki so izvajali med poukom več eksperimentov. Kot metoda raziskave je bil uporabljen individualni intervju ob opazovanju demonstracijskega eksperimenta. Pred ter po učnem posegu so bili študenti testirani tako, da so najprej opazovali različna gibanja kroglic in ob tem odgovarjali na vprašanja v zvezi z opazovanim gibanjem. Kot kriterij razumevanja so postavili zmožnost uporabe definicije hitrosti ter pospeška pri opisu gibanja realnih teles.

Avtorji ugotavljajo, da ni nujno, da študenti, ki dobro rešijo tradicionalne teste, pravilno uporabijo fizikalne koncepte pri interpretaciji gibanja, ki ga opazujejo v laboratoriju ali v vsakdanjem življenju.

Razumevanje koncepta hitrosti so avtorji raziskave ugotavljali tako, da so študenti primerjali hitrosti dveh kroglic (Slika 4.1), ki sta se gibali premo, vendar sta v različnih časih opravili različne poti. Hitrost telesa je določena s potjo, ki jo telo opravi v časovni enoti.

Kot primer so uporabili dve sočasno gibajoči se kroglici:



Slika 4. 1: Študenti so opazovali gibanje kroglic A in B (Trowbridge idr. 1980). Slika predstavlja dve gibajoči kroglici. Kroglica A se giblje premo enakomerno po vodoravni podlagi, kroglica B pa se giblje premo enakomerno pospešeno po klancu navzdol.

Kroglici A in B sta se gibali od leve proti desni. Kroglica B je imela večjo začetno hitrost kot kroglica A. Kroglica A se je začela gibati nekoliko prej kot kroglica B.

Vprašanje: Ali imata kroglici kdaj enako hitrost?

Ob opazovanju eksperimenta je izvedel učitelj intervju s študentom (U pomeni učitelj, Š pomeni študent):

U: Poglejmo, ali imata ti dve kroglici kdaj enako hitrost? (Ob tem demonstrira eksperiment.)

Š: Kaže, da imata dvakrat enako hitrost. Enkrat po približno četrtini klanca, drugič po treh četrtinah.

U: Zakaj tako domnevaš?

Š: Ker obe kroglici dosežeta takrat isto lego.

U: (Predlaga študentu, da označi legi, ko se kroglici srečata ter potem ponovi eksperiment.)

Š: Res je, da istočasno dosežeta označeni legi, vendar je pred prvim srečanjem kroglica A hitrejša, drugič pa je hitrejša kroglica B.

U: Torej: kaj je s hitrostjo v označenih legah?

Š: Morata biti enaki.

Intervju kaže na to, da je študent prepričan, da imata kroglici enako hitrost, ko se srečata. Torej povezuje enako hitrost z enako lego kroglic.

Sledila je še analiza vseh intervjujev. Ugotovitve analiz posameznih intervjujev so razdelili v tri skupine:

- 0- študent se ne more odločiti, kdaj sta hitrosti enaki oz. reče da nista nikoli enaki oz. iz odgovora ni mogoče ugotoviti, na osnovi česa se odloči, kdaj sta hitrosti enaki,
- 1- študent po nekaj poskusih definira območje ali čas, ko sta hitrosti enaki. Pri tem ne povezuje hitrosti z lego,
- 2- študent ugotovi v prvem ali drugem poskusu kdaj sta hitrosti enaki. Pri tem ne povezuje hitrosti z lego.

Analiza odgovorov je pokazala, da so bili študenti, ki so pri pouku izvajali več eksperimentalnih vaj uspešnejši kot vrstniki, ki so bili poučevani tradicionalno. Pri eksperimentalni skupini so bili rezultati po obdelavi snovi za približno 40% boljši kot pred obravnavo, pri skupini s tradicionalnim poukom pa je bil uspeh boljši za okrog 30%.

Ista skupina raziskovalcev je na enak način raziskovala tudi razumevanje pospeška v eni dimenziji. Pospešek telesa določa spremembo hitrosti telesa v neki časovni enoti in ni odvisen ne od hitrosti ne od lege telesa.

Študenti so ob podobnih demonstracijskih poskusih gibanja kroglic, kot so jih opazovali pri raziskavi razumevanja koncepta hitrosti v eni dimenziji, odgovarjali na vprašanja o pospešku.

Raziskava je pokazala, da študenti pogosto mešajo hitrost s pospeškom. Če študentje že ločijo med hitrostjo in njeno spremembo, pa pogosto ne opredelijo prav časa, v katerem se pojavi sprememba hitrosti ter napačno določijo pospešek. Približno polovica študentov ne zna prenesti definicije pospeška v realno situacijo in tako ne znajo primerjati velikosti dveh pospeškov.

Raziskava je pokazala, da so dosegli večji napredek študenti, ki so med poukom opravljali laboratorijske vaje kot študenti, ki so bili poučevani tradicionalno.

Izkušnje pri poučevanju podobno kažejo na nerazumevanje zveze med hitrostjo in pospeškom. Dijaki so pogosto prepričani, da ima telo, ki se giblje z večjo hitrostjo tudi večji pospešek kot telo, ki se giblje z manjšo hitrostjo. Pri nihanju se neprestano spreminjajo tako lega, kot tudi hitrost in pospešek, zato je še posebej pomembno, da dijaki usvojijo razliko med velikostjo hitrosti in spremembo hitrosti.

V predstavljenih raziskavah so sodelovali študenti, ki so že zaključili srednjo šolo, torej imajo boljše predhodno znanje kot dijaki. Utemeljeno je pričakovati, da imajo dijaki v srednji šoli še večje težave z razumevanjem predstavljenih konceptov, kot študenti.

4.4.2 RAZISKAVE O TEŽAVAH PRI RISANJU GRAFOV V KINEMATIKI

Raziskava o težavah pri risanju grafov v kinematiki je bila narejena na Univerzi v Washingtonu (McDermott idr. 1987). Raziskava je imela dva cilja:

- 1.) ugotoviti težave pri grafičnem prikazovanju fizikalnih konceptov ter
- 2.) ugotoviti težave pri povezovanju grafov z realnim svetom.

Podatke so zbirali nekaj let, tako da je bilo v raziskavo vključenih nekaj sto študentov. Identificirali so težave, ki so jih imeli študenti z risanjem grafov in so se ponavljale skozi obdobje, ko so zbirali podatke.

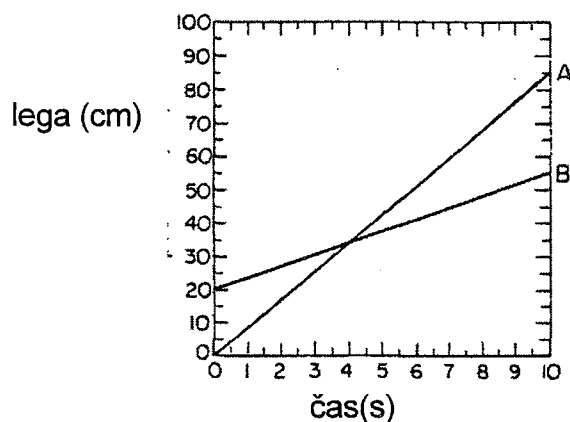
Težave pri povezovanju grafov s fizikalnimi koncepti so razdelili na pet področij:

- 1.) razlikovanje med pomenom strmine ter višino krivulje v grafu,
- 2.) interpretacija sprememb višine ter strmine krivulje,
- 3.) zveza med graf $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ za isto gibanje,
- 4.) usklajevanje opisne predstavitve gibanja z grafom ter
- 5.) interpretacija pomena ploščine lika pod krivuljo.

Razlikovanje med pomenom strmine ter višine krivulje so avtorji raziskave ugotavljali tako, da so študenti ob grafu, ki je prikazan na Sliki 4.2, odgovarjali na naslednja vprašanja:

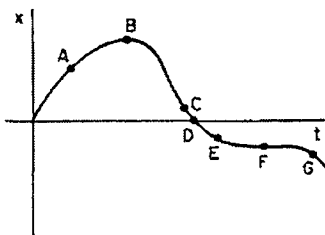
- a. *Ali je ob času $t=2$ s hitrost telesa A večja, manjša ali enaka hitrosti telesa B? Pojasni.*
- b. *Ali imata telesi A in B kdaj enako hitrost? Če imata, kdaj se to zgodi? Pojasni.*

Odgovori študentov na vprašanja so pokazali, da imajo težave z razlikovanjem pomena strmine ter višine grafa. Telo A ima večjo hitrost kot telo B, saj je strmina grafa $x(t)$ za telo A večja kot strmina grafa $x(t)$ za telo B. Telesi tudi nimata nikoli enake hitrosti.



Slika 4.2: Graf, na osnovi katerega so študenti odgovarjali na vprašanja (McDermott idr. 1987). Graf kaže, kako se je s časom spreminjala lega telesa A ter telesa B, ki se gibljeta v isto smer.

Kako študenti interpretirajo spremembe v višini in strmini grafa, so avtorji raziskave ugotavljali tako, da so študentom ob grafu, ki je prikazan na Sliki 4.3 postavili naslednja vprašanja:

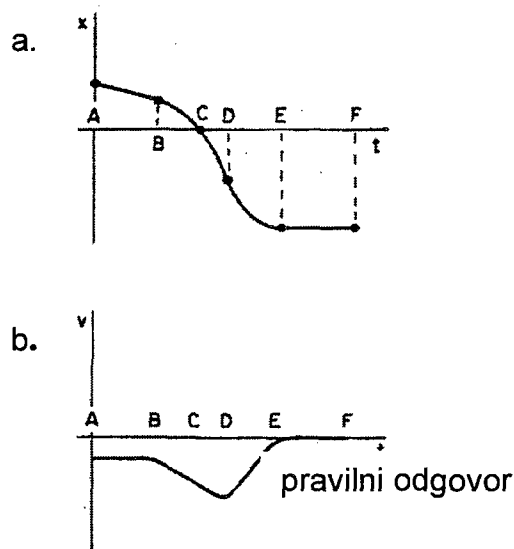


Slika 4. 3: Graf $x(t)$, na osnovi katerega so študenti odgovarjali na vprašanja (McDermott idr. 1987).

v katerih od označenih točk:

- a. je gibanje telesa najpočasnejše
- b. telo pospešuje
- c. se telo obrne.

Odgovori študentov so pokazali, da imajo težave z interpretacijo grafov $x(t)$, pri katerih se spreminjata strmina in višina krivulje. Krivulja na grafu $x(t)$ (Slika 4.3) je različno strma. Hitrost telesa je najmanjša v točkah B in F, kjer je strmina krivulje najmanjša. Strmina krivulje se poveča v točki G, torej začne telo pospeševati, v točki B, kjer se predznak strmine krivulje spremeni, pa telo obrne smer hitrosti.



Slika 4.4 : Grafa $x(t)$ (a.) ter $v(t)$ (b.) za izbrano gibanje (TMcDermott idr. 1987). Graf $v(t)$ narišemo tako, da opazujemo strmino grafa $x(t)$.

Razumevanje povezave med grafi $s(t)$ ter $v(t)$ za isto gibanje so avtorji raziskave ugotavljali tako, da so morali študenti danemu grafu $x(t)$ na Sliki 4.4 narisati ustrezni graf $v(t)$.

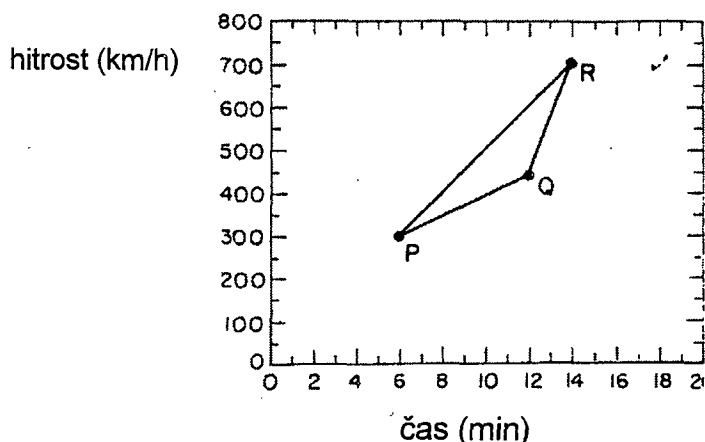
Analiza nepravilnih odgovorov študentov na vprašanje je pokazala, da mnogi ne povežejo strmine krivulje $x(t)$ z višino krivulje $v(t)$. Kjer je strmina grafa $x(t)$ večja, je tudi hitrost večja. Če strmina grafa $x(t)$ pada, je hitrost negativna.

Kako študenti uskladijo pisno predstavitev pojava z grafom, so avtorji raziskave ugotavljali z nalogo:

Vesoljska ladja ima 3 pogonske motorje. Vsak od njih raketo enakomerno pospeši, ko ga vključimo. Na grafu (Slika 4.5) predstavlja točka P hitrost rakete v izbranem času. V točki P kapitan vključi prvi motor, v točki Q ta motor izključi, vključi pa motor št. 3. V točki R motor št. 3 izključi, vključi pa motor št. 2. O vesoljski ladji izgubimo vse informacije v točki R.

S pomočjo grafa ugotovi kateri od motorjev je pospeševal tako, kot kaže graf:

- a.) prvi
- b.) drugi
- c.) tretji.



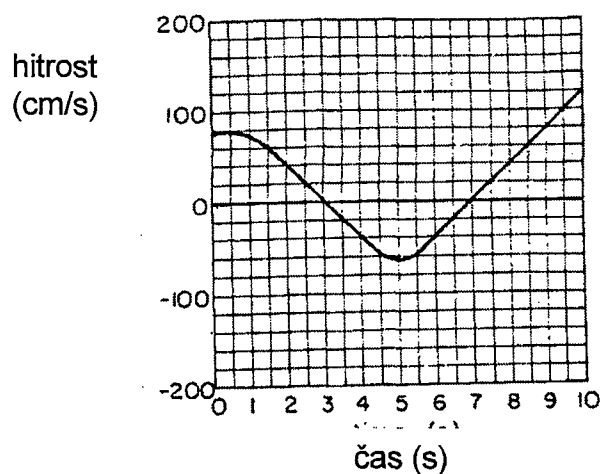
Slika 4.5: Graf $v(t)$ za gibanje rakete (McDermott idr. 1987).

Na grafu $v(t)$ (Slika 4.5) prikazujeta odsek PQ in QR hitrosti prvega oz. tretjega motorja. Odsek PR nima fizikalnega pomena. Študenti so morali za

pravilni odgovor na vprašanje povezati strmino odseka PQ s pospeškom prvega ter strmino odseka QR s pospeškom tretjega motorja. Pospešek je namreč definiran kot sprememba hitrosti v enoti časa oziroma pomeni strmino krivulje v grafu $v(t)$.

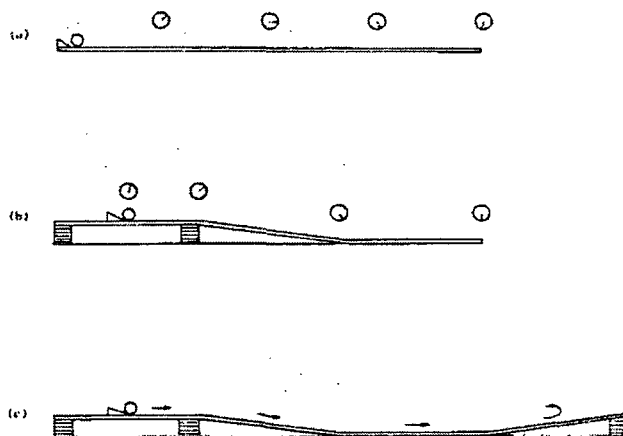
Interpretacijo ploskve pod krivuljo grafa $v(t)$ so avtorji raziskave ugotavljali tako, da so morali študenti ob grafu na Sliki 4.6 ugotoviti, ob katerih trenutkih prečka telo razdaljo 110cm .

Za odgovor na to vprašanje morajo študenti uporabiti znanje o pomenu ploščine lika pod krivuljo grafa $v(t)$. Telo prečka razdaljo 110cm trikrat. Ko izračunamo ploščino lika pod krivuljo $v(t)$ ugotovimo, da se to prvič zgodi po $1,5\text{s}$. Nato telo nadaljuje pot, hitrost se mu manjša do časa 3s , nakar se obrne in doseže razdaljo 110cm od izhodišča v nadaljnjih $1,5\text{s}$, torej po $4,5\text{s}$ od začetka gibanja. Telesu se hitrost veča do $5.$ sekunde, ko mu začne spet padati in ob $t = 7\text{s}$ je njegova hitrost spet nič. Telo se obrne in ponovno prečka mejo 110cm ob času $9,3\text{s}$.

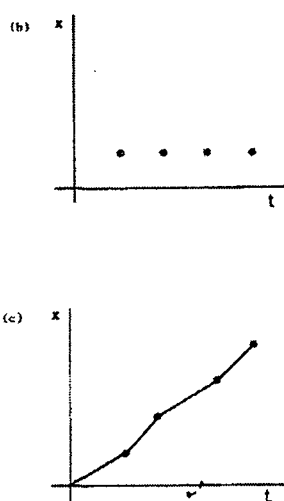


Slika 4.6 : Graf $v(t)$, ob katerem so ugotavljali razumevanje pomena ploščine lika pod krivuljo (McDermott idr. 1987).

Težave pri povezovanju grafov z vsakdanjim življenjem so ugotovljali tako, da so študenti opazovali gibanja kroglic ter ob tem skicirali zahtevane grafe (Slika 4.7).



Slika 4.7: Poskus, pri katerem so morali študenti narisati graf $x(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ za gibanje kroglice (McDermott idr. 1987). Kroglica a. se giblje premo enakomerno, kroglica b. se giblje najprej enakomerno, nato po klancu pospeši ter se spet giblje enakomerno, vendar z večjo hitrostjo kot na začetku. Kroglica c. se giblje najprej enakomerno, nato po klancu pospeši, se giblje spet enakomerno ter nato na drugem klancu pojemajoče.



Slika 4.8: Napačni grafi, ki so jih narisali študenti (McDermott idr. 1987).

Študenti so morali narisati grafe $x(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ za gibanje opazovanih kroglic.

Analiza skiciranih grafov je pokazala dve vrsti napak neposredno pri risanju grafov: eno skupino predstavljajo grafi, pri katerih študenti narišejo samo točke in jih ne povežejo s krivuljo, drugo skupino napak pa predstavljajo grafi, pri katerih študenti od točke do točke narišejo ravne odseke (Slika 4.8).

Raziskava je poleg napak pri neposrednem risanju grafov pokazala še naslednje skupine napak:

- zvezno gibanje predstavlja zvezna krivulja,
- neločevanje med obliko grafa in obliko tira pri gibanju ter
- neupoštevanje negativne vrednosti hitrosti v grafih $v(t)$.

Raziskava je bila usmerjena le v identifikacijo težav z razumevanjem, ki jih imajo študenti pri risanju in interpretaciji grafov in ni ugotavljala kolikšen delež študentov ima določeno vrsto težav.

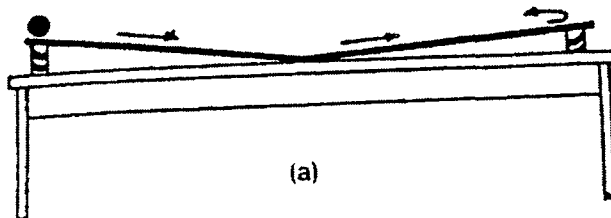
Raziskava je pokazala, da imajo študenti pri risanju grafov naslednje težave:

- razlikovanje med pomenom strmine ter višino krivulje v grafu,
- interpretacija sprememb višine ter strmine krivulje,
- zveza med graf $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ za isto gibanje,
- usklajevanje opisne predstavitve gibanja z grafom,
- interpretacija pomena ploščine lika pod krivuljo,
- neločevanje med obliko grafa in obliko tira pri gibanju ter
- neupoštevanje negativne vrednosti hitrosti v grafih $v(t)$.

Na težave pri risanju negativnih vrednosti hitrosti opozarja tudi Goldberg. V raziskavi (Goldberg idr. 1989), v kateri je sodelovalo 36 študentov, so študentom predstavili premo gibanje kroglice (Slika 4.9). V intervjuju med

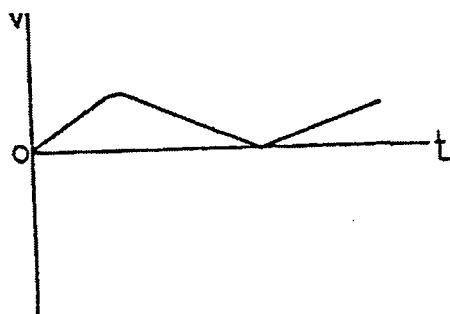
učiteljem in študentom, ki je trajal okrog 45 minut, je študent najprej opisal opazovano gibanje, potem pa še narisal graf $v(t)$.

Študent je opazoval eksperiment:



Slika 4.9 : Eksperiment, ki ga je opazoval študent (Goldberg idr. 1989).

Študent, ki je ob opazovanju danega eksperimenta skiciral graf $v(t)$, ki ga kaže Slika 4.10, se je o svojem grafu pogovarjal z učiteljem.



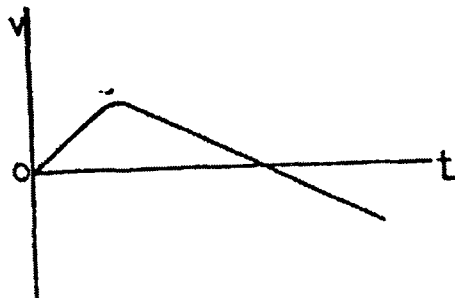
Slika 4.10: Graf, ob katerem se je študent pogovarjal z učiteljem (Goldberg idr. 1989).

U: Kroglica se za trenutek (na vrhu drugega klanca) ustavi. Kaj se potem zgodi s hitrostjo?

Š: Krivulja bi se morala nadaljevati v negativne vrednosti. Študent popravi graf, kot kaže Slika 4.11.

U: Kaj si sedaj ugotovil? Rekel si, da se tu spremeni smer, toda najprej si narisal pozitivne vrednosti hitrosti.

Š: Da, verjetno zato, ker če se graf nadaljuje naprej (krivulja gre pod abscisno os), je videti, kot da telo ni spremenilo smeri.



Slika 4.11: Popravljeni graf (Goldberg idr. 1989).

Intervju kaže, da ima študent težave z risanjem negativnih vrednosti hitrosti, ki so povezane s spremembo smeri gibanja telesa.

Analiza raziskave je pokazala, da imajo študenti težave pri risanju grafov, če se smer gibanja obrne. Čeprav študenti dobro obvladajo risanje grafov $v(t)$ pri primerih, ko se smer telesa ne spremeni, ni samo po sebi umevno, da bodo znali narisati tudi grafe $v(t)$, če se smer gibanja obrne.

Izsledki raziskav o težavah pri risanju grafov v kinematiki:

1. ni nujno, da študenti, ki dobro rešijo tradicionalne teste iz področja gibanja tudi pravilno uporabijo fizikalne koncepte pri interpretaciji gibanja, ki ga opazujejo v laboratoriju ali v vsakdanjem življenju,
2. študenti pogosto zamenjujejo koncept hitrosti s konceptom pospeška,
3. pogosto študenti ne znajo uporabiti definicije pospeška pri opisu gibanja,
4. študenti imajo težave z razlikovanjem pomena strmine ter višine krivulje v grafih, ki opisujejo gibanje.

5. študenti imajo pogosto težave z interpretacijo sprememb višine ter strmine teh grafov,
6. študenti imajo težave s povezovanjem grafov $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ za isto gibanje,
7. študenti imajo težave z risanjem grafov $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$, če se smer gibanja obrne,
8. študenti imajo težave z usklajevanjem opisa predstavitve gibanja z grafom.

Raziskave o težavah z risanjem grafov v kinematiki so bile opravljene med študenti. Upravičeno je pričakovati, da bodo med dijaki zastopane v še večji meri. Zavedanje težav, ki jih imajo študenti oz. dijaki pri risanju grafov v kinematiki je pomembno pri obravnavi nihanja in valovanja, saj se pri nihanju spreminjata tako smer kot velikost odmika nihala od ravnovesne lege, kot tudi smer in velikost hitrosti in pospeška. Zato je pomembno, da posvečamo že pri kinematiki dovolj pozornosti grafičnim predstavitvam različnih odvisnosti med različnimi količinami.

Raziskav o razumevanju vsebin iz fizike ter o učinkovitosti metod poučevanja v Sloveniji ni bilo. O poučevanju fizike piše J Strnad. Trdi, da je poučevanje fizike stično območje med fiziko, znanostjo o naravi in psihologijo, sociologijo in pedagogiko, torej znanostmi o človeku in družbi (Strnad 2006). Loči med raziskovanjem v fiziki in poučevalskim raziskovanjem. Potrjuje, da je poučevalsko raziskovanje koristno, vendar opozarja, da na poučevalska vprašanja ni enoličnih in za vselej veljavnih odgovorov. Dotakne se tudi konstruktivističnega načina poučevanja in doda, da konstruktivisti zapostavljajo kvalitativne prijeme, ki so neizogibni za razumevanje osnov, saj se fizika ne opira samo na izkušnje, ampak tudi na teorije.

5 IDENTIFIKACIJA PROBLEMA

Izkušnje pri poučevanju kažejo, da imajo dijaki težave z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja. Pregled raziskav, ki so bile opravljene v tujini o razumevanju nekaterih konceptov iz nihanja in valovanja, kažejo, da se pojavljajo težave z razumevanjem nekaterih vsebin iz nihanja in valovanja tudi v tujini.

Edini viri, iz katerih lahko povzamemo podatke o razumevanju fizikalnih vsebin v Sloveniji, tudi podatke o razumevanju vsebin iz nihanja in valovanja, so analize maturitetnih nalog (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001). Analize maturitetnih nalog kažejo, da imajo tudi slovenski dijaki težave z razumevanjem osnovnih fizikalnih konceptov iz nihanja in valovanja.

Ali tudi kolegi učitelji fizike na slovenskih gimnazijah opažajo in zaznavajo, da imajo dijaki težave z razumevanjem fizikalnih vsebin, pri katerih vsebinah so težave pogostejše, sem ugotavljala z anketo. Anketo o težavah z razumevanjem sem izvedla tudi med dijaki.

5.1 PREGLED RAZISKAV S PODROČJA NIHANJA IN VALOVANJA V TUJINI

Raziskav o razumevanju konceptov s področja nihanja kljub široko zastavljenem pregledovanju literature nisem našla. Iz področja valovanja je bila opravljena raziskava na Univerzi v Marylandu (Wittmann idr.2005). V

raziskavi so se osredotočili le na raziskavo razumevanja osnovnih konceptov valovanja:

1. valovanje je širjenje motnje po sredstvu, hitrost širjenja valovanja je odvisna od sredstva, po katerem se valovanje širi in ne od oblike motnje,
2. razumevanje superpozicije valovanja.

Metode, ki so jih uporabili, so bile:

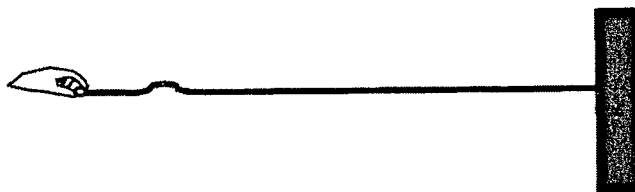
- a. neformalno opazovanje v razredu,
- b. pisni testi.

Razumevanje izbranega koncepta so najprej ugotavljali z intervjuji z manjšim številom dijakov. Z analizo njihovih odgovorov so ugotovili, kakšne težave imajo z razumevanjem. Temu primerno so pripravili naloge, ki so jih študenti reševali v testu pred ter po obravnavi snovi. Da so študenti lahko prosto izražali svoje mnenje, so bila v testu poleg vprašanj zaprtega tipa tudi vprašanja odprtega tipa.

Razumevanje potovanja motnje po vrvi so preverjali tako, da so postavili vprašanje odprtega ter vprašanje izbirnega tipa.

Vprašanje odprtega tipa:

Dolga elastična vrv je na enem koncu vpeta v steno kot kaže Slika 5.1.



Slika 5.1: Slika iz testa ob vprašanju, kako zmanjšamo čas potovanja motnje do stene (Wittmann 2005).

Z roko jo na drugem koncu zanihamo gor in dol. Motnja doseže steno v času t_0 . Na kakšen način lahko zmanjšamo čas, v katerem motnja pripotuje do stene? Pojasni.

Pravilni odgovor: s povečanjem napetosti v vrvi ali zamenjavo vrvi s tako, ki ima manjšo dolžinsko gostoto. (Dolžinska gostota je masa vrvi na enoto dolžine vrvi.) Pravilno je odgovorilo je 10% študentov.

Tipični napačni odgovori študentov:

1. močneje zanihamo z roko,
2. če hitreje zanihamo vrv, bo motnja hitrejša.

V testu je bilo postavljeno tudi vprašanje izbirnega tipa:

Elastična vrv je na enem koncu pritrjena v steno. Z roko zanihamo gor in dol ter tako povzročimo motnjo, kot kaže Slika 5.2. Želimo, da bo motnja potovala do stene dalj časa.

Katere od aktivnosti, opisane od a do k bodo povzročile podaljšanje časa potovanja motnje? Možnih je več odgovorov. Pojasni svojo izbiro.

- a. Premikaj roko hitreje navzgor in navzdol, vendar naj ostane velikost odmika enaka.
- b. Premikaj roko počasneje navzgor in navzdol, vendar naj ostane velikost odmika enaka.
- c. Povečaj odmik roke pri gibanju navzgor in navzdol, vendar opravi v enakem času enako število period.
- d. Zmanjšaj odmik roke pri gibanju navzgor in navzdol, vendar opravi v enakem času enako število period.
- e. **Vzemi težjo vrv enake dolžine in jo enako napni.**
- f. **Vzemi lažjo vrv enake dolžine in jo enako napni.**
- g. **Vzemi enako vrv, le povečaj napetost v njej.**
- h. **Vzemi enako vrv, le zmanjšaj napetost v njej.**

- i. Na vrv deluj z večjo silo.*
- j. Na vrv deluj z manjšo silo.*
- k. Noben od ponujenih odgovorov ne da zahtevanega učinka.*

Odgovori, ki so jih raziskovalci opredelili kot pravilne, so odebeljeno tiskani. (Hitrost potovanja motnje na vrvi je odvisna od sile, s katero je vrv napeta in od dolžinske gostote vrvi.)

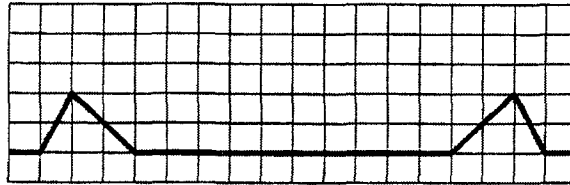
Analiza odgovorov na vprašanja o širjenju valovanja je pokazala naslednje težave študentov pri usvajanju koncepta širjenja valovanja:

- a. učinek večje sile na vrv je, da potisne val močnejše skozi sredstvo,
- b. način, kako spremenimo hitrost motnje je enak tistemu, s katerim spremenimo hitrost kroglice,
- c. hitrost širjenja je lastnost motnje in ne sredstva.

Primerjava odgovorov na predstavljeno vprašanje odprtega ter zaprtega tipa je pokazala, da študentje v večji meri prepoznajo pravilni ponujen odgovor, ne znajo pa samostojno napisati pravega odgovora. Pred obravnavo snovi je 13% študentov pravilno odgovorilo na vprašanje odprtega tipa ter 86% na vprašanje izbirnega tipa. Po obravnavi snovi pa je bilo pravih 70% odgovorov na vprašanje odprtega tipa in 98% odgovorov na vprašanje zaprtega tipa.

Razumevanje superpozicije valovanja so v raziskavi ugotavljali z naslednjim vprašanjem, na katerega so študenti odgovarjali pred ter po obravnavi snovi.

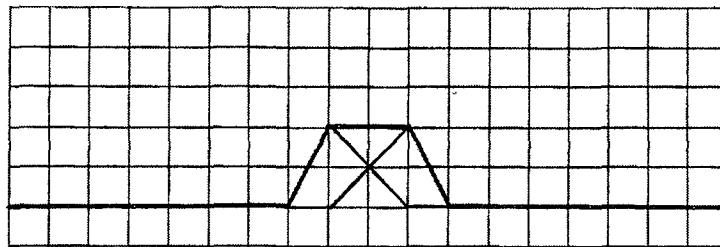
Dve motnji potujeta druga proti drugi s hitrostjo 10 cm/s na dolgi vrvi, kot kaže Slika 5.2.



Slika 5.2: Skica iz testa, ki prikazuje motnji, ki potujeta druga proti drugi (Wittmann 2005).

Nariši obliko vrvi po 0,06 s. Pojasni svoj odgovor.

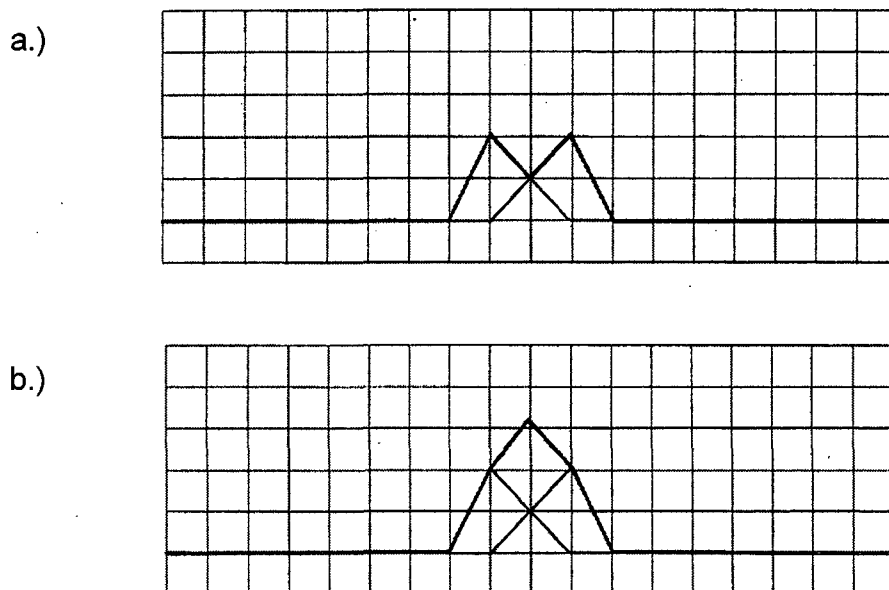
Pravilni odgovor kaže Slika 5.3.



Slika 5.3: Pričakovan pravilni odgovor na vprašanje o obliki vrvi v nalogi (Wittmann 2005).

Najpogostejše napačne odgovore kaže Slika 5.4.

Po reševanju predtesta so študentje poslušali predavanja o superpoziciji valovanja ter ponovno reševanje naloge iz predtesta. Predavanjem je sledilo opazovanje posnetkov o interferenci valovanj. Ob opazovanju posnetkov so morali študenti najprej napovedati izid, šele potem so si posnetek ogledali do konca. Raziskovalci so uporabljali filmski posnetek, ker se eksperiment zgodi v zelo kratkem času in je dogajanje težko opazovati. Počasen posnetek eksperimenta pa omogoča lažje opazovanje dogajanja. Sledilo je pojasnjevanje razlik med napovedmi in izidom eksperimenta ter ponovno odgovarjanje na vprašanje iz predtesta.



Slika 5.4: Najpogostejši napačni odgovori študentov na vprašanje o obliki vrvi. Slika a.) prikazuje, da se valovanji seštejeta samo, ko se srečata največja odmika, slika b.) pa kaže, da se amplitudi seštejeta, ko se motnji srečata (Wittmann idr. 2005).

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi, po predavanju ter po opazovanju posnetka je pokazala naslednji delež pravih odgovorov (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Delež pravih odgovorov študentov med raziskavo o razumevanju superpozicije valovanj.

pred obravnavo	po predavanjih	po predvajanju posnetkov
27%	26%	59%

Žal je bila tu raziskava usmerjena le na razumevanje širjenja motnje in superpozicijo dveh motenj. Tudi tako omejena raziskava je pokazala, da imajo študenti težave z razumevanjem potovanja motnje po napeti vrvi ter težave z razumevanjem superpozicije dveh motenj. Raziskava je pokazala, da samo klasična predavanja pri razumevanju superpozicije motenj niso

učinkovita. Boljše rezultate so študenti dosegli potem, ko so si ogledali posnetke poskusov, pri tem pa so morali izide najprej napovedati sami nato so se soočili z eksperimentom.

5.2 ODKRIVANJE TEŽAV Z RAZUMEVANJEM VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA V SLOVENIJI

V Sloveniji sistematičnih raziskav o razumevanju fizikalnih konceptov, torej tudi razumevanju konceptov iz nihanja in valovanja ni bilo.

V Sloveniji je edini pisni vir, kjer najdemo podatke o težavah z razumevanjem fizikalnih vsebin, analiza reševanja maturitetnih nalog (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001).

Maturitetne naloge iz fizike rešujejo samo dijaki, ki so si fiziko izbrali kot izbirni maturitetni predmet. Vsi dijaki v gimnazijah imajo fiziko v prvih treh letnikih po dve šolski uri na teden, tisti, ki si fiziko izberejo za maturo, pa imajo v četrtem letniku še dodatne štiri ure priprav na maturo na teden. Priprave vsebujejo tudi laboratorijsko delo. Ker ni bilo raziskav na celotni populaciji dijakov, predpostavljam, da bi se napačne predstave iz vsebin nihanja in valovanja, ki so se pokazale v analizi maturitetnih vprašanj izbirnega tipa izkazala za celotno populacijo dijakov v veliko večji meri, kot so se za dijake, ki so opravljali maturo iz fizike. Dijaki, ki opravljajo maturo iz fizike, imajo namreč v gimnaziji 140 ur fizike več kot vrstniki, ki mature iz fizike ne opravljajo.

V meni dostopnih virih, to je analizah maturitetnih nalog, ki sem jih dobila neposredno z RIC-a in so vsebovale analize maturitetnih nalog iz let od 1998 do 2003 ter analiz, ki so bile objavljene (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001), sem zasledovala zgolj vsebine, ki so se nanašale na področji nihanje in valovanje. Analiza reševanja

maturitetnih nalog kaže na sistematično pojavljanje naslednjih napačnih predstav iz nihanja in valovanja:

- Nihajni čas nihala je pomembno odvisen od amplitude nihala (9.6.2001, št. 25).

(Amplituda nihala je največji odmik nihala iz ravnovesne lege, to je lege, v kateri nihalo miruje, dokler ga ne premaknemo.)

Na vrvico privežemo utež z maso 0,5 kg, jo odmaknemo iz ravnovesne lege za 3 cm in spustimo. Po dveh sekundah se utež vrne v lego, iz katere smo jo spustili. Kolikšen bi bil ta čas, če bi utež iz ravnovesne lege odmaknili za 6 cm?

(Vprašanje preverja ali so dijaki usvojili, da nihajni čas nihala ni pomembno odvisen od amplitude nihala. Vprašanje je zastavljeno tako, da opisuje nihanje preprostega nihala, ki ga prvič spravimo v nihanje, ko ga odmaknemo iz ravnovesne lege za 3 cm, drugič pa je začetni odmik dvakrat večji. Torej se je pri nihanju spremenil le začetni odmik, vse druge količine so ostale konstantne.)

- A 1 s
- B 1,4 s
- C 2 s
- D 4 s

Odgovor C je obkrožilo 47% dijakov, 41% dijakov pa je obkrožilo odgovor D. To pomeni, da je zelo velik delež dijakov prepričan, da je lasten nihajni čas matematičnega nihala sorazmeren z začetnim odkikom, kar je v skladu z opažanji v tujini.

- Hitrost širjenja valovanja je odvisna od frekvence vira valovanja (16.6.2000, št. 31).

Izvir valovanja na vrvi niha s frekvenco ν_1 . Kako se spremeni hitrost širjenja valovanja, če frekvenco izvira povečamo na $2\nu_1$?

(Vprašanje preverja ali so dijaki usvojili, da je hitrost širjenja valovanja neodvisna od frekvence valovanja.)

A se ne spremeni

B se 2-krat poveča

C se 4-krat poveča

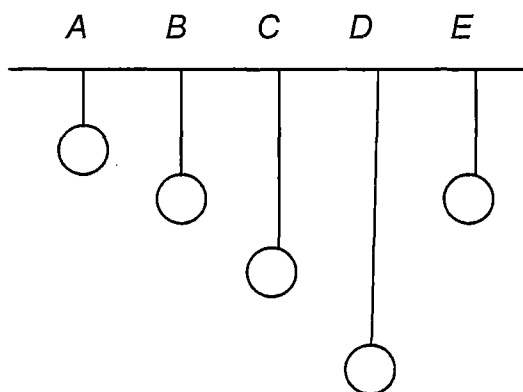
D se 2-krat zmanjša

(Hitrost širjenja valovanja ni odvisna od frekvence valovanja.)

Odgovor A je izbralo le 23% dijakov, kar 66% dijakov je izbralo odgovor B, ki predvideva, da je hitrost valovanja sorazmerna s frekvenco valovanja.

- Dijaki imajo težave z razumevanjem vsiljenega nihanja in resonance. Menijo, da bo z največjo amplitudo nihalo, ki ima najdaljšo vrvico in ne tisto, katerega lastna frekvenca je enaka vzbujevalni (enaka dolžina vrvic) (23.6.1998, št. 27). (Vsiljeno nihanje izzovemo tako, da na nihalo delujemo s periodično silo, ki ima enako frekvenco kot je lastna frekvenca nihala. Ko je odmik nihala iz ravnovesne lege največji, je le-to v resonanci.)

Na napeti vrvici je obešenih pet nihal A, B, C, D in E. Nihala imajo različne dolžine. Nihalo E zanihamo tako, da ga povlečemo iz ravnine papirja. Katero nihalo niha čez nekaj časa z največjo amplitudo?



A nihalo A

B nihalo B

C nihalo C

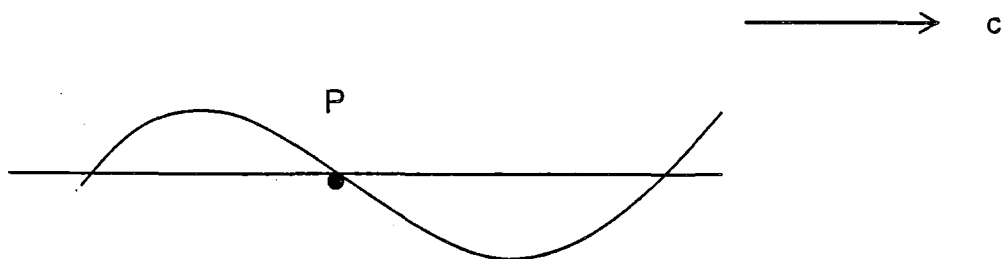
D nihalo D

(V resonanci je nihalo št B, ker ima enako lastno frekvenco kot nihalo E.)

Pravilni odgovor B je obkrožilo 26% dijakov, kar 50% dijakov, ki je izbralo odgovor D pa meni, da ima nihalo z največjo dolžino vrvice največjo amplitudo in v opisu naloge niso prepoznali resonance.

- Dijaki imajo težav z razumevanjem opisa valovanja s trenutno sliko (9.6.2001).

Transverzalni val potuje po dolgi vrvi z leve proti desni. Na spodnji sliki je posneta slika valovanja na vrvi v nekem trenutku. Kakšno smer ima del vrvi v točki P?



(Vprašanje preverja ali so dijaki usvojili razliko med premikanjem sredstva in potovanjem valovanja na vrvi.)

A navzgor

B navzdol

C v desno

D nima smeri, ker vrv v tej točki miruje.

(Deli vrvi se premikajo pravokotno na smer potovanja valovanja.) Odgovor D je izbralo 38% dijakov, odgovor B 14%, odgovor C pa 10%, kar kaže na to, da večina dijakov ni usvojila, kako se gibljejo deli vrvi, ko po njej potuje valovanje. Odgovor A je izbralo 38% dijakov.

Rezultati predstavljenih analiz tako maturitetnih nalog kot rezultati raziskav v tujini kažejo na sistematično pojavljanje težav z razumevanjem naslednjih vsebin iz nihanja in valovanja:

1. težave z razumevanjem pri nihanju:

- a. nihajni čas nihala je pomembno odvisen od amplitude,
- b. v resonanci bo največji odmik doseglo nihalo z najdaljšo vrvico,

2. težave z razumevanjem pri valovanju:

- a. večja sila potisne val hitreje skozi medij,
- b. način, kako spremenimo hitrost motnje je enak tistemu, s katerim spremenimo hitrost kroglice,
- c. sredstvo, po katerem se širi valovanje, ni neposredno povezano s hitrostjo valovanja,
- d. valovanji se srečata samo, ko se srečata amplitudi,
- e. ko se motnji srečata, se amplitudi seštejeta,
- f. hitrost valovanja je odvisna od frekvence vira, ki to valovanje povzroča.

Osebnih izkušenj, ki so rezultat večletnega opazovanja kažejo še na naslednje napačne predstave iz nihanja:

- nihajni čas preprostega nitnega nihala je pomembno odvisen od mase uteži,
- pri valovanju se iz kraja v kraj premikata snov in energija,
- deli valujočega sredstva se gibljejo v isti smeri kot se širi valovanje,
- potujoče motnje se ob srečanju odbijejo.

Kateri so razlogi, da se pojavljajo predstavljene težave z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja?

5.3 UGOTAVLJANJE VZROKOV ZA TEŽAVE Z RAZUMEVANJEM VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA

Izkušnje pri poučevanju fizike, tuja literatura ter analiza reševanja maturitetnih nalog izbirnega tipa v Sloveniji kažejo, da imajo dijaki težave pri razumevanju različnih vsebin in konceptov iz različnih področij fizike, tudi iz nihanja in valovanja.

Iz področij nihanje in valovanje je bilo opravljenih malo pedagoških raziskav o razumevanju pomembnih fizikalnih konceptov. Razumevanje konceptov nihanja in valovanja je zelo pomembno, saj predstavlja temelj za nadgrajene vsebine iz področja akustike, elektromagnetnega valovanja, optike in moderne fizike.

Vzroki za težave z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja so lahko različni:

- vsebine so za dijake nezanimive,
- vsebine so za dijake neaktualne,
- pri pouku pokaže učitelj premalo demonstracijskih eksperimentov,
- pri pouku opravijo dijaki premalo eksperimentalnih vaj,
- vzroki so lahko tudi v metodah poučevanja vsebin iz nihanja in valovanja.

Kateri od naštetih možnih vzrokov pomembno vplivajo na razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja v gimnazijah v Sloveniji, sem ugotavljala z

anketo, ki sem jo izvedla med učitelji fizike ter dijaki na nekaj gimnazijah v Sloveniji.

Namen obeh anket je bil sistematično ugotoviti vzroke za težave z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja slovenskih gimnazijcev. Vzroki za omenjene težave se tičejo tako dijakov kot učiteljev, zato je bila anketa izvedena med obojimi.

Z anketama sem ugotavljala ali dijaki ter učitelji menijo, da omenjeni vsebini izstopata od ostalih vsebin pri fiziki po težavnosti, zanimivosti, aktualnosti vsebin, po metodah podajanja snovi. Ugotavljala sem morebitno korelacijo med količino demonstracijskih eksperimentov in eksperimentalnih vaj ter razumevanjem vsebin, pri katerih so bili eksperimenti in vaje opravljeni. Anketna vprašalnica sta vsebovala tudi vprašanja o metodah poučevanja fizike. Analiza odgovorov na to vprašanje je pokazala, katere metode poučevanja uporabljajo učitelji fizike ter katere so po mnenju dijakov najbolj učinkovite.

Analiza anket med učitelji ter dijaki je pokazal vzroke za težave z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja ter je osnova za načrtovanje učnih posegov za zmanjšanje težav z razumevanjem omenjenih vsebin.

5.3.1 ANKETA O POUKU FIZIKE MED UČITELJI FIZIKE

Anketni vprašalnik o pouku fizike je vseboval vprašanja o splošnih podatkih anketirancev, ki so pokazala, koliko izkušenj imajo posamezniki s poučevanjem, ali so začetniki ali izkušeni učitelji. Podatki o tem, katere nazive: mentor, svetovalec ali svetnik imajo posamezni anketiranci pa so pokazatelj, koliko so anketiranci pri svojem strokovnem delu aktivni.

Vprašanja o metodah poučevanja so pokazala, na kakšen način poučujejo anketiranci fiziko, kakšen je potek posamezne učne ure, katere učne metode uporabljajo.

V anketnem vprašalniku so sledila vprašanja o tem, koliko so po mnenju učiteljev za dijake zanimive ter aktualne vsebine, ki so v učnem načrtu za fiziko za gimnazije ter kam uvrstijo vsebine iz nihanja in valovanja na lestvico glede zanimivosti ter glede aktualnosti.

Učitelji fizike so odgovarjali tudi na vprašanja, koliko demonstracijskih eksperimentov prikažejo pri različnih poglavjih fizike ter koliko eksperimentalnih vaj opravijo dijaki pri posameznih poglavjih. Iz odgovorov učiteljev je mogoče sklepati ali poglavji nihanje in valovanje kakorkoli odstopata od ostalih poglavij fizike glede števila demonstracijskih eksperimentov ter eksperimentalnih vaj, kar bi lahko vplivalo na razumevanje koncepta nihanja ter valovanja.

Analiza vprašanj o težavah z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja, ki so bila v anketnem vprašalniku, je bila dodaten vir informacij o tem, s katerimi konkretnimi vsebinami iz nihanja in valovanja imajo dijaki po mnenju učiteljev največ težav z razumevanjem.

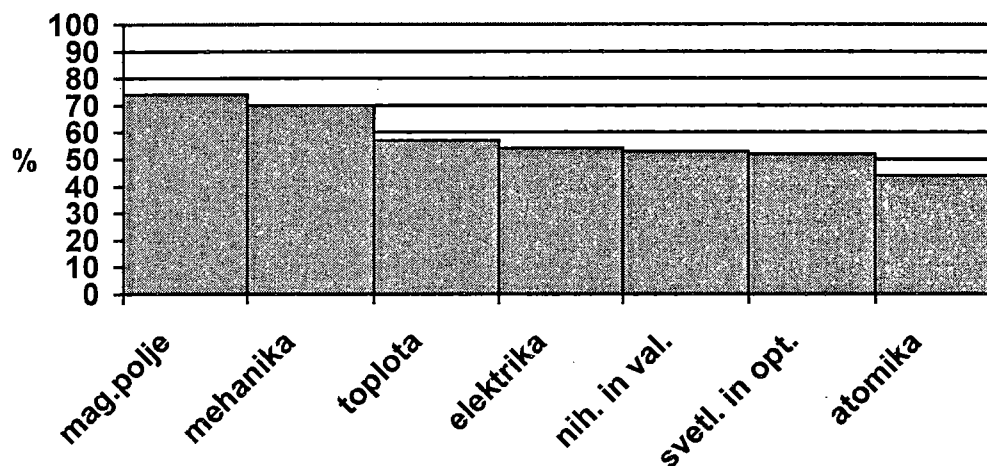
Anketni vprašalnik o pouku fizike je bil poslan 30 učiteljem fizike na različnih gimnazijah po Sloveniji. Vprašalnik je izpolnilo 16 učiteljev, od katerih je bilo 6% začetnikov (0-1 leto poučevanja), 19% jih je imelo do 10 let izkušenj s poučevanjem, ostalih 75% pa je imelo s poučevanjem fizike v gimnazijah več kot 10 let izkušenj. V anketi so torej sodelovali predvsem izkušeni učitelji fizike.

V anketi so učitelji odgovarjali na vprašanja, na kakšen način obravnavajo novo snov. Ponujenih so imeli pet trditev, od katerih sta dve opisovali elemente tradicionalnega pristopa k poučevanju, dve trditvi sta opisovali metodo poučevanja, katere osnova je tradicionalni pristop; vsebuje pa tudi elemente konstruktivizma, ena trditev pa je opisovala konstruktivistični

pristop k pouku. Analiza odgovorov je pokazala, da učitelji poučujejo fiziko v gimnazijah pretežno tako, da tradicionalni pristop nadgrajujejo in izboljšujejo z elementi konstruktivizma. Elementi konstruktivizma se kažejo predvsem v tem, da dijaki sodelujejo pri pouku tako, da odgovarjajo na vprašanja učitelja oziroma če dijaki česa ne razumejo, vprašajo učitelja. Učitelj ob razlagi, če je le mogoče, pokaže demonstracijski eksperiment, ki ga dijaki opazujejo. Učna ura fizike se začne najpogosteje z uvodom, ki je namenjen kratki ponovitvi že obdelanih vsebin, na katere se bo nova snov navezovala. Sledi osrednji del učne ure, ki je namenjen učiteljevi razlagi nove snovi. Običajno učitelj razlaga novo snov ter ob tem postavlja vprašanja dijakom, ki nanje odgovarjajo. V zaključku ure dijaki utrjujejo novo snov, najpogosteje z reševanjem računskih nalog. Kljub sodelovanju dijakov se učitelj pri pouku posveča predvsem podajanju snovi, v središču učnega procesa je torej učna snov. Učitelji se s predznanjem, predstavami in izkušnjami, ki jih imajo dijaki iz vsakdanjega življenja ne ukvarjajo sistematično, ugotavljajo jih mimogrede s pogovorom v razredu ali pa sploh ne.

Glede tega, pri katerih poglavjih fizike: mehaniki, toploti, nihanju in valovanju, svetlobi in optiki, elektriki, magnetnemu polju in indukciji ter atomiki in jedru imajo dijaki po mnenju učiteljev največ težav z razumevanjem so učitelji na prvo mesto s 74% postavili magnetno polje in indukcijo, sledi mehanika (70%), toplota (57%), elektrika (54%), na peto mesto so z minimalnim zaostankom (53%) postavili nihanje in valovanje, tesno za tem poglavjem sledi svetloba in optika (52%) ter atomika in jedro (44%). Rezultate kaže Slika 5.5.

Učitelji so glede na pogostost težav z razumevanjem uvrstili vsebine iz poglavij nihanje in valovanje kot srednje težavni med vsebinami, ki jih pri fiziki obravnavamo v gimnaziji. Prav tako so učitelji vsebine iz nihanja in valovanja uvrstili med po njihovem mnenju za dijake povprečno zanimive vsebine. Ti dve poglavji tudi ne izstopata od drugih niti po številu demonstracijskih eksperimentov, niti po številu eksperimentalnih vaj, ki jih opravijo dijaki.



Slika 5.5: Razporeditev poglavij fizike, ki so jo opravili učitelji glede na pogostost težav, ki jih imajo dijaki z razumevanjem vsebin.

Učitelji so izrazili svoja mnenja o tem, kako bi izboljšali rezultate pri pouku v smislu boljšega razumevanja snovi tako, da so razvrstili ponujene trditve:

- manj vsebin,
- predmet fizika naj bi imel več ur,
- manjše število dijakov v razredu,
- več eksperimentalnih vaj,
- aktivne oblike poučevanja,
- dodatno izobraževanje učiteljev,
- večja povezanost učiteljev fizike, učitelji bi se nekajkrat na leto srečali in izmenjali izkušnje,
- drugačni učbeniki. (Kratko napišite, kakšne učbenike bi si želeli.)

Učitelji so imeli možnost napisati tudi svoje predloge. Učitelji so se najbolj strinjali s trditvijo, da bodo dosegli boljše razumevanje vsebin, če bi poučevali manj vsebin (23%), sledi strinjanje s trditvijo, da bi bilo za doseganje boljšega razumevanja dobro, če bi bilo v razredu manj dijakov (17%), sledi trditev o večjem številu ur fizike (15%), izobraževanje učiteljev (13%), več eksperimentalnih vaj (11%), večja povezanost učiteljev (9%),

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

drugačni učbeniki (7%), pri tem so posamezni učitelji predlagali delovni zvezek za dijake oziroma priročnik za učitelje, na zadnje mesto pa so učitelji kot možnost, s katero bi izboljšali razumevanje fizikalnih vsebin, navedli aktivne metode poučevanja (5%).

Tabela 5.2: Odgovori učiteljev o po njihovem mnenju za dijake zanimivih vsebinah iz nihanja in valovanja ter vsebinah pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem.

NAJBOLJ ZANIMIVE VSEBINE	%
resonanca	33
stoječe valovanje	15
zvok	15
Dopplerjev pojav	11
interferenca	11
lom svetlobe	6
lastni nihajni časi nihal	4
uklon	3
valovanje na vodni površini	1
grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	1

NAJVEČ TEŽAV Z RAZUMEVANJEM	%
interferenca	24
sile pri nihanju	20
stoječe valovanje	14
potujoče valovanje	12
uklon	10
Dopplerjev pojav	6
grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	6
resonanca	5
vsiljeno nihanje	5

Iz odgovorov učiteljev o možnih posegih za izboljšanje razumevanja fizikalnih vsebin sklepam, da boljšega razumevanja niso poskušali doseči z aktivnimi metodami poučevanja. Torej je raziskava, kako vpliva na razumevanje aktivna oblika poučevanja fizikalnih vsebin v primerjavi s tradicionalnim poukom, ki sicer vsebuje nekaj elementov konstruktivizma, upravičena.

Analiza vprašanj o razumevanju vsebin iz nihanja in valovanja kaže, da imajo dijaki po mnenju učiteljev največ težav z razumevanjem interference ter z uporabo II. Newtonovega zakona pri določanju nihajnega časa nihala, pri risanju grafov odmika, hitrosti ter pospeška nihanja v odvisnosti od časa, sledi razumevanje vsiljenega nihanja in resonance, razlaga uklona valovanja ter razumevanje gibanja delcev snovi pri potujočem in stoječem valovanju. To so vsebine, ki so taksonomsko zahtevnejše.

Čeprav imajo dijaki po mnenju učiteljev težave z razumevanjem resonance, so to vsebino uvrstili na prvo mesto med tiste, ki so po njihovem mnenju za dijake najbolj zanimive iz področja nihanja in valovanja (Tabela 5.2).

Anketa je pokazala, da po mnenju učiteljev fizike poglavji nihanje in valovanje ne izstopata od drugih poglavij, ki jih vsebuje učni načrt za gimnazije ne po nezanimivosti, ne po neaktualnosti, niti po številu demonstracijskih eksperimentov ter eksperimentalnih vaj, ki jih opravijo dijaki. Učitelji menijo, da imajo dijaki pri vsebinah iz nihanja in valovanja največ težav z razumevanjem interference, kar je tesno povezano z razumevanjem superpozicije valovanja. Na težave z razumevanjem superpozicije valovanja opozarja tudi tuja literatura (Wittmann 2005). Po mnenju učiteljev imajo dijaki tudi težave z uporabo znanja o silah pri nihanju, z nastankom stoječega valovanja, opisom potujočega valovanja. Učitelji so kot vsebine iz nihanja in valovanja, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem opredelili le vsebine, ki so taksonomsko zahtevnejše. Ta rezultat je presenetljiv, saj analiza maturitetnih nalog izbirnega tipa pa kaže, da imajo dijaki težave tudi z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001). Učitelji

ne zaznavajo, da imajo dijaki težave že z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja. To kaže na nujnost sprotnega preverjanja doseganja ciljev med učnim procesom in takojšnjega posredovanja ob morebitnih težavah z razumevanjem. Učitelji identificirajo le slabo razumevanje višjih taksonomskih ciljev, kar pa je verjetno posledica napačno usvojenih osnovnih konceptov, saj se višje taksonomske cilje doseže z nadgrajevanjem pravilno usvojenih osnovnih konceptov. Posledično imajo učitelji možnosti za zmanjševanje težav z razumevanjem predvsem tako, da bi se sami dodatno izobraževali ter s sodelovanjem in izmenjavo izkušenj med učitelji. Aktivnim metodam kot možnemu posegu za zmanjšanje težav z razumevanje pa učitelji ne dajejo veliko pozornosti, zato je smiselno raziskati, ali in koliko pripomorejo k izboljšanju razumevanja aktivne oblike poučevanja.

5.3.2 ANKETA O POUKU FIZIKE MED DIJAKI

Namen anketiranja dijakov je bil ugotoviti njihovo mnenje o pouku fizike, katero metodo poučevanja naj učitelj uporabi, da bodo posredovano snov razumeli. Namen ankete je bil tudi ugotoviti, katere vsebine iz nihanja in valovanja so po njihovem mnenju zanimive in pri katerih imajo težave z razumevanjem, kar bo osnova za načrtovanje posegov v učni načrt za zmanjšanje težav z razumevanjem omenjenih vsebin.

V anketi je sodelovalo 188 dijakov iz 6 različnih gimnazij v Sloveniji, ki obiskujejo drugi oziroma tretji letnik gimnazij. Torej je bila anketa izvedena med celotno populacijo dijakov, ne le med tistimi, ki opravljajo maturo iz fizike. Anketni vprašalnik, natančna analiza odgovorov ter opis metod obdelave podatkov so v Dodatku A.

Dijaki so odgovarjali na vprašanja o tem, kaj naredijo, če česa pri pouku fizike ne razumejo. Odgovori na to vprašanje so pokazali možne načine

ukrepanja pri pouku ob morebitnih težavah z razumevanjem. Nadalje so se dijaki opredeljevali, kakšen je po njihovem mnenju pouk, ki zmanjša težave z razumevanjem fizikalnih vsebin. Odgovorili so še na nekaj vprašanj v zvezi z vsebinami iz nihanja in valovanja: katere vsebine so bile zanimive ter s katerimi so imeli največ težav z razumevanjem.

Dijakom so bili ponujeni možni načini ukrepanja ob težavah z razumevanjem vsebin iz fizike. Analiza odgovorov je pokazala, da rešujejo dijaki težave z razumevanjem fizikalnih vsebin najprej tako, da doma uporabijo učbenik (34%), oziroma poprosijo za pomoč sošolca (33%). Na tretje mesto so uvrstili pomoč učitelja (21%), pomoč inštruktorja (5%) uporabijo dijaki le redko, prav tako redko (4%) vsebine, ki jih ne razumejo, preskočijo oz. se jih naučijo na pamet (4%).

Za dijake so pomembni kvalitetni učbeniki, saj jih ob težavah z razumevanjem uporabijo doma. Pogosto prosijo za pomoč sošolce, kar pomeni, da po mnenju dijakov zmanjšuje težave z razumevanjem tudi diskusija med sošolci.

Dijakom je bil v anketnem vprašalniku ponujen niz trditev o tem, kakšen naj bo pouk fizike, da bi vsebine lažje razumeli. Analiza odgovorov je pokazala, da dijaki menijo, da bi boljše razumevanje fizikalnih vsebin dosegli s poukom, pri katerem učitelj razlaga, izvede demonstracijski eksperiment, zapisuje na tablo, učenci pri tem delajo zapiske in poslušajo, učitelj reši nekaj računskih nalog, nato rešujejo računske naloge še dijaki. Šele na predzadnje mesto so dijaki uvrstili način pouka, ki vključuje aktivne metode dela (Tabela 5.3).

Dijaki so na prvo mesto uvrstili tradicionalno metodo pouka, nato sledijo metode, pri katerih se v tradicionalno metodo vnašajo posamezni elementi konstruktivizma. Sklepam, da dijaki drugačnih metod niti ne poznajo. Torej poteka pouk fizike v gimnazijah v Sloveniji predvsem na tradicionalni način oziroma na tradicionalni način z elementi konstruktivizma.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 5.3: Razvrstitev oblik pouka, ki bi zmanjšale težave z razumevanjem po mnenju dijakov.

NAČINI POUKA	PRIMERNOST (%)
Učitelj razlaga, izvede demonstracijski poskus, zapisuje na tablo, učenci poslušajo in prepisujejo.	23
Učitelj razlaga, vmes postavlja učencem vprašanja, učenci sodelujejo pri razlagi.	22
Učitelj snov razloži, potem pa učenci rešujejo računske naloge.	16
Učitelj snov razloži, potem pa sam reši še nekaj računskih nalog.	16
Učenci po skupinah izvajajo laboratorijske vaje in sami ugotavljajo zakonitosti med količinami, ki jih merijo.	15
Vseeno mi je, kako poteka pouk v šoli, saj se potem doma sam naučim iz učbenika.	8

Dijaki so na prvo mesto glede zanimivosti vsebin iz nihanja in valovanja postavili resonanco. Podobno so vsebine razvrstili tudi učitelji (Tabela 5.4). Tako dijaki kot učitelji na prvo mesto glede težav z razumevanjem uvrstili interferenco, oboji so visoko uvrstili tudi stoječe valovanje.

Anketa med učitelji ter anketa med dijaki sta pokazali, da poteka pouk fizike v slovenskih gimnazijah predvsem na tradicionalni način, v katerega učitelji vključujejo elemente konstruktivizma, predvsem s postavljanjem vprašanj dijakom med obravnavo snovi.

Anketa med učitelji je bila sicer izvedena na majhnem vzorcu anketirancev (16 učiteljev), vendar rezultate ankete potrjujejo tudi neformalni pogovori s kolegi učitelji fizike in izmenjava mnenj v študijskih skupinah.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 5.4: Primerjava odgovorov dijakov in učiteljev.

ZANIMIVE VSEBINE DIJAKI	DELEŽ (%)	ZANIMIVE VSEBINE UČITELJI	DELEŽ (%)
brez odgovora	32	<u>rezonanca</u>	33
vse so nezanimive	13	stoječe valovanje	15
<u>rezonanca</u>	11	zvok	15
zvok	8	Dopplerjev pojav	11
interferenca	7	interferenca	11
nihajni časi nihaj	7	lom svetlobe	6
nihala	6	lastni nihajni časi nihaj	4
stoječe valovanje	6	uklon	3
Dopplerjev pojav	4	valovanje na vodni površini	1
posamezni primeri	6	grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	1

TEŽAVE Z RAZUMEVANJEM DIJAKI	DELEŽ (%)	TEŽAVE Z RAZUMEVANJEM UČITELJI	DELEŽ (%)
vse razumem	32	<u>interferenca</u>	24
brez odgovora	32	sile pri nihanju	20
<u>interferenca</u>	15	stoječe valovanje	14
nič ne razumem	6	potujoče valovanje	12
rezonanca	4	uklon	10
stoječe valovanje	4	Dopplerjev pojav	6
valovni pojavi	4	grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	6
nihajni časi nihaj	3	rezonanca	5
/	/	vsiljeno nihanje	5

Učitelji se sistematično ne ukvarjajo z ugotavljanjem predznanja, predstav in izkušenj dijakov v zvezi s snovjo, ki bo sledila. Predznanje, predstave in izkušnje dijakov ugotavljajo s pogovorom v razredu.

Po mnenju učiteljev vsebine iz nihanja in valovanja ne izstopajo od drugih vsebin, ki jih poučujejo pri fiziki po nezanimivosti, neaktualnosti, niti po številu demonstracijskih eksperimentov, niti po številu eksperimentalnih vaj, ki jih opravijo med poukom dijaki.

Oboji, učitelji in dijaki se zavedajo težav z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja, oboji so na prvo mesto postavili razumevanje interference.

Anketi, izvedeni med učitelji ter dijaki sta pokazali, da vsebine iz nihanja in valovanja ne odstopata od ostalih vsebin, ki jih poučujemo v gimnaziji, ne po zanimivosti, aktualnosti, številu demonstracijskih eksperimentov ter številu laboratorijskih vaj, ki jih opravijo dijaki. Tudi metode poučevanja teh vsebin so enake kot metode poučevanja ostalih fizikalnih vsebin. Anketa med učitelji fizike je pokazala še, da učitelji ne identificirajo težav z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja, čeprav analiza maturitetnih nalog kaže, da imajo dijaki težave z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja in ne le z doseganjem višjih taksonomskih ciljev. Rezultati kažejo, da je edina možnost za zmanjšanje težav z razumevanjem konceptov iz nihanja in valovanja drugačna metoda poučevanja. Raziskave o tem, kakšna naj bi bila ta metoda ni bila narejena niti v tujini, kaj šele pri nas.

6 KONSTRUKTIVISTIČNA METODA

Rezultati ankete med učitelji fizike v Sloveniji kažejo, da učitelji najpogosteje poučujejo vsebine iz fizike, torej tudi vsebine iz nihanja in valovanja, na tradicionalni način, ki ga izboljšujejo z elementi konstruktivizma. Anketa je tudi pokazala, da učitelji zaznavajo, da imajo dijaki težave z usvajanjem taksonomsko zahtevnejših ciljev iz vsebin iz nihanja in valovanja. Po drugi strani pa kažejo rezultati analize maturitetnih nalog, da imajo dijaki težave že z razumevanjem osnovnih konceptov nihanja in valovanja, ne le z usvajanjem višjih taksonomskih ciljev iz omenjenih vsebin. Zdi se, da tradicionalni način poučevanja vsebin iz nihanja in valovanja, ki je nekoliko nadgrajen z elementi konstruktivizma, ne omogoča dovolj učinkovitega usvajanja tako osnovnih kot višjih taksonomskih ciljev iz nihanja in valovanja. Zato menim, da je morda potrebno spremeniti metodo poučevanja. Predlog nove metode bom opisala v nadaljevanju.

Raziskave, ki so bile opravljene v tujini na nekaterih področjih fizike, so pokazale, da so metode, ki temeljijo na elementih konstruktivizma, bolj učinkovite od tradicionalnih (Goldberg idr. 1986, Goldberg idr.1987, McDermott idr. 1992, Rosenquist idr. 1987, Thornton idr. 1998). Zato sem pri konstrukciji metode izhajala iz konstruktivističnega pristopa k pouku, ki izhaja iz tega, da dijaki pri pouku aktivno usvajajo znanje. Poudarila sem ugotavljanje predznanja, predstav ter izkušenj dijakov, s katerimi vstopajo v učni proces. Na osnovi teh ugotovitev sem načrtovala obravnavo novih vsebin. Med procesom usvajanja znanja sem sproti preverjala, v kolikšni meri so dijaki cilje usvojili in kako razumejo nove vsebine. Zaključila sem s povzetkom in utrjevanjem novo usvojenih vsebin (Slika 6.1).

Poglavje Konstruktivistična metoda vsebuje opis razvoja nove metode poučevanja ter opis same metode. V procesu razvoja metode sem za vsebine iz nihanja in valovanja razvila učinkovit način ugotavljanja

predznanja, izkušenj in predstav dijakov – referenčni test ter metodo sprotnega preverjanja razumevanja usvojenih ciljev – skiciranje grafov. Podrobneje sta predstavljeni obe metodi. Kratko je predstavljena primerjava obravnave ciljev konstruktivistične in tradicionalne metode z elementi konstruktivizma ter obravnava ciljev iz učnega načrta za nihanje in valovanje s konstruktivistično metodo.



Slika 6.1: Aktivnosti pri učni uri načrtuje učitelj na osnovi rezultatov ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj dijakov.

6.1 RAZVOJ KONSTRUKTIVISTIČNE METODE

Raziskave, ki so bile narejene na nekaterih področjih fizike v tujini, so pokazale, da so metode poučevanja, ki temeljijo na konstruktivističnem pristopu k poučevanju učinkovite v smislu razumevanja vsebin (Goldberg idr. 1986, Goldberg idr. 1987, McDermott idr. 1992, Rosenquist idr. 1987, Thornton idr. 1998). Tako sem pri konstruiranju učinkovite metode poučevanja, katere cilj je boljše razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja, izhajala iz konstruktivističnega načela, da morajo biti dijaki pri pouku aktivni in sami ob vodenju učitelja izgrajevati svoje znanje. Pri razvoju metode sem upoštevala tudi rezultate analize maturitetnih nalog v Sloveniji, ki so pokazali, da imajo dijaki težave z razumevanjem osnovnih konceptov

nihanja in valovanja. Načrtovanje aktivnosti v razredu zahteva poznavaje predznanja, izkušenj in predstav, ki jih imajo dijaki v zvezi z vsebinami, ki bodo šele obravnavane.

Pri razvoju metode sem torej poudarila ugotavljanje predznanja, izkušenj in predstav dijakov ter aktivno delo učencev v razredu. V zvezi s tem sem pripravila premišljen izbor eksperimentov ter metodo sprotnega preverjanja razumevanja obravnavanih vsebin.

6.1.1 UGOTAVLJANJE PREDZNANJA

Temelj za načrtovanje aktivnosti pri pouku vsebin, ki jih določa učni načrt za gimnazije, so predznanje, predstave ter izkušnje, ki jih imajo dijaki v zvezi z vsebinami, ki jih bodo šele obravnavali. Predznanje, predstave ter izkušnje so si dijaki pridobili s predhodnim izobraževanjem oziroma z izkušnjami iz vsakdanjega življenja. Dijaki imajo včasih v zvezi z obravnavanimi fizikalnimi vsebinami napačne predstave še preden v gimnaziji pričnemo z obravnavo snovi (Gardner 1993). Nadgrajevanje pravih fizikalnih konceptov na napačnih osnovah pa vodi do kasnejših napačnih predstav. Zato je pomembno, da učitelj pozna predznanje, predstave ter izkušnje dijakov v zvezi s snovjo, ki bo šele obravnavana.

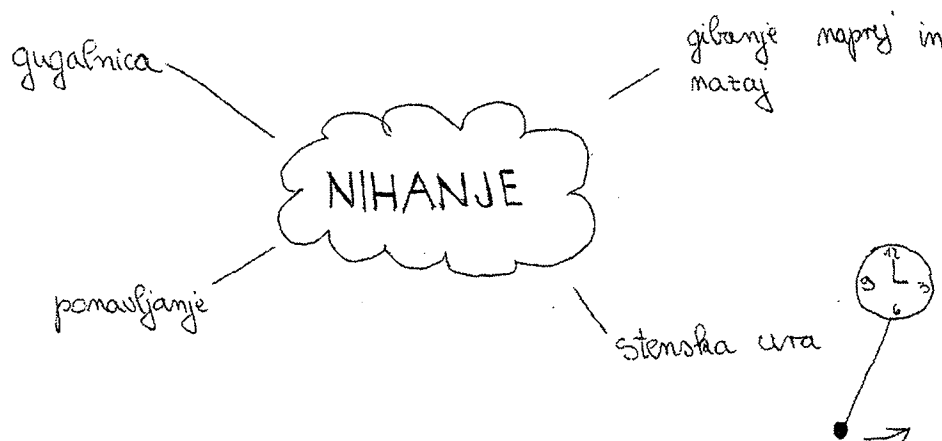
Preizkušeni so bili naslednji načini ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj:

- risanje miselnih vzorcev,
- pogovor, diskusija,
- iskanje asociacij,
- reševanje referenčnih testov.

Našteti načini ugotavljanja predznanja so bili izbrani na osnovi izkušenj pri poučevanju in primerov iz literature.

1. Risanje miselnih vzorcev je primerno, kadar želi učitelj hitro ugotoviti koliko dijaki dano vsebino poznajo. Vsak dijak nariše miselni vzorec na izbrano temo. Tako dobi učitelj informacijo o tem, katere pojme iz dane vsebine učenec pozna, ter kako te pojme med seboj hierarhično uredi. Iz tega učitelj sklepa, ali in kako ima dijak pojme urejene, ali so ureditve smiselne. Če ureditve niso smiselne, verjetno učenec pojme le pozna, ne pozna pa njihovega pomena. Učitelj tako pri načrtovanju aktivnosti gradi na tistih pojmi, ki jih učenec pozna.

Dijaki so risali miselne vzorce na temo "Nihanje". Pojmi, ki so se v miselnih vzorcih najpogosteje pojavljali so: gugalnica, premikanje naprej in nazaj, ponavljanje, ure na nihala. Miselni vzorci so pokazali, da dijaki nihanje povezujejo s periodičnim ponavljanjem in da ga prepoznajo na primeru guganja gugalnice. Zato si bo učitelj pri obravnavi opisa nihanja pomagal z opisom nihanja gugalnice.



Slika 6.2: Miselni vzorec dijaka na temo "Nihanje".

Z risanjem miselnih vzorcev dobi učitelj premalo konkretnih podatkov, na primer kako si pri nihanju predstavljajo »ponavljanje«. Slika 6.2 kaže primer miselnega vzorca na temo »Nihanje«, ki ga je narisal eden od dijakov.

2. Predznanje ugotavlja učitelj tudi s pogovorom in diskusijo ter intervjujem (McDermott 2000, McDermott 1998). Intervju je pogovor učitelja z učencem, pri katerem učitelj učencu postavlja vprašanja v zvezi s snovjo, ki jo bodo šele obravnavali. Učitelj samo sprašuje, dijaka nič ne usmerja s podvprašanji in mu ne daje povratne informacije.

S pogovorom je opredeljen pretok informacij med učiteljem in učencem, ki poteka v obe smeri. Tako učitelj kot učenec postavljata vprašanja in nanje odgovarjata. Diskusija vključuje poleg dvosmernega pretoka informacij med učencem in učiteljem še razlaganje, utemeljevanje in argumentiranje stališč. Pogovor z diskusijo je predvsem primeren za ugotavljanje predznanja na začetku ure.

Pogovor z diskusijo: učitelj postavlja vprašanja celemu razredu na temo Sile.

Učitelj: "O silah ste se pogovarjali že v osnovni šoli. Kaj veste o njih?"

Učenec: "Telo se premakne."

Učenec: "Lahko se ustavi ali pa pospešuje."

Učenec: "Lahko se premakne v drugo smer."

Učitelj: "Kaj je skupnega tem ugotovitvam? Kako vemo, da je na telo delovala sila?"

Učenec: "Telo se giblje pospešeno ali pojemajoče ali pa zavije."

Učitelj: "Torej lahko splošno rečemo, da povzroči sila spremembo gibanja."

Učenec: "Pravzaprav lahko tako rečemo, saj s tem povemo vse tisto, kar smo do sedaj našteali."

Učitelj: "Ali povzroča sila samo spremembo gibanja ali lahko povzroči še kakšno drugo spremembo?"

Učenec: "Plastelin gnetemo. Spremenimo obliko."

Učenec: "Vzmet se raztegne, če nanjo obesimo utež."

Učenec: "Miza se malo ukrivi, če se nanjo usedemo."

Učitelj: "Za vse te primere je značilno, da se je telesu spremenila oblika. Lahko povzamemo, da povzroči sila spremembo oblike telesa ali z drugo besedo deformacijo."

Pri takem pogovoru lahko učitelj že vpelje nove pojme in definira količine. Mora pa biti pozoren na to, da sodelujejo vsi dijaki, tudi tisti, ki niso najbolj zgovorni.

S temi metodami učitelj ne dobi informacije o predznanju vseh dijakov, saj ne išče odgovora na isto vprašanje od vsakega posameznika v razredu, ampak naredi povzetek že potem, ko je na vprašanje odgovorilo nekaj dijakov. Če si hoče učitelj ustvariti vsaj približno sliko predznanja celega razreda z intervjuji, bi se moral pogovoriti z nekaj različno „dobrimi“ dijaki. To pa je običajno prezamudno, zato intervjuja nisem uporabljala.

3. Z iskanjem asociacij učitelj ugotovi, kam dijaki uvrščajo nove pojme, pojave ali vsebine. Učenci povedo asociacije na dan pojem: nekatere so dejansko povezane z dano vsebino, nekatere pa nakazujejo morebitna napačna razumevanja. Asociacije, ki se jih spomni učenec, lahko učitelj kasneje uporabi pri morebitnem razlaganju s pomočjo analogij.

Primer asociacije, ki so jih povedali dijaki ob pojmu „sila“, preden smo začeli z obravnavo tega poglavja: fizika, težnost, moč, vektor, smer, upor, trenje, gravitacija, toplota, udarec, delo. (Asociacija „moč“ kaže na napačno razumevanje te fizikalne količine.)

Učenci lahko obravnavani pojav predstavijo tudi z opisom analognega pojava. Taki opisi povedo učitelju, ali so dijaki obravnavani pojav resnično razumeli. Analogije so predvsem uporabne pri razlagi pojavov na mikroskopski ravni. Zanimiv primer je povedal dijak ob opazovanju krožnega valovanja na vodni površini. Na vprašanje, kako se pri tem giblje voda, je v nasprotju z večino dijakov, ki so menili, da se giblje navzven, odgovoril, da navzgor in navzdol. Odgovor je utemeljil z „valovanjem“, ki ga povzročijo gledalci na nogometnih tribunah z vstajanjem oziroma usedanjem. Tam je tudi videti, da potuje neko valovanje po tribunah, v resnici pa gledalci samo vstajajo in se usedajo.

Asociacije in analogije, ki jih povedo dijaki, dajejo le splošne informacije o tem, s katerimi vsebinami dijaki povezujejo nove vsebine. Učitelj dobi premalo natančnih podatkov o predstavah in razumevanju, kar pa je potrebno za načrtovanje učinkovitega učnega procesa.

4. Referenčni testi vsebujejo naloge in vprašanja, ki se nanašajo na primere iz vsakdanjega življenja, s katerimi so imeli dijaki že manjše ali večje izkušnje ali primere vsaj nekoliko poznajo. Vprašanja in naloge so v povezavi s snovjo, ki bo sledila. Naloge in vprašanja referenčnega testa sestavlja učitelj tako, da z njimi pokrije področja, ki so v literaturi omenjena kot tista, pri katerih imajo učenci pogosto napačne predstave, ideje lahko povzame tudi po lastnih izkušnjah, z izborom takih vprašanj, pri katerih so imeli dijaki v preteklih letih težave z iskanjem odgovorov. Pri pisanju vprašanj uporablja učitelj vsakdanji jezik in ne fizikalnih izrazov. Čeprav so vprašanja zastavljena v nestrokovnem jeziku, pa so tematsko izbrana tako, da vseeno vodijo k ugotavljanju predznanja testiranih fizikalnih konceptov.

Z reševanjem referenčnih testov dobi učitelj sliko predznanja in predstave celega razreda naenkrat. Z izborom vprašanj pa lahko regulira, katere informacije želi od dijakov: ali so usmerjene bolj k širini poznavanja vsebine ali globini ali za ugotavljanje napačnih predstav. Referenčni testi so podobni Predtestom, ki jih nekateri avtorji (McDermott 1998, McDermott idr. 1992) predlagajo pri konstruktivistični obravnavi učnih vsebin. Referenčni testi se od Predtestov razlikujejo v tem, da so bili v raziskavi uporabljeni tudi za ugotavljanje prirastka znanja testiranih skupin dijakov in so jih dijaki reševali pred ter po obravnavi snovi. Predtesti imajo le vlogo ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj, ki jih imajo dijaki pred obravnavo nove snovi.

Dijaki so pred začetkom obravnave poglavja Nihanje reševali referenčni test, ki je vseboval vprašanja v zvezi z gugalnico. Z guganjem imajo dijaki dovolj izkušenj, da so lahko odgovarjali na vprašanja. Iz odgovorov dijakov učitelj razbere njihove predstave. Natančneje je omenjeni referenčni test predstavljen v poglavju Dodatek D.

Uporaba referenčnega testa kot orodja za ugotavljanje predznanja, izkušenj in predstav dijakov se je izkazala kot najprimernejša, saj odgovori dijakov natančneje pokažejo njihovo predznanje ter razumevanje vsebin ali konceptov po katerih vprašanje sprašuje kot pri drugih opisanih načinih preverjanja predznanja, predstav in izkušenj. Prednost uporabe referenčnega testa je tudi ta, da njegova uporaba ne zahteva veliko časa. Risanje miselnih vzorcev ter iskanje asociacij sta premalo natančni metodi ugotavljanja predznanja, predstav ter izkušenj, za pogovor in diskusijo pa je potrebno preveč časa. Sestava referenčnega testa je sicer zahtevna, saj mora učitelj poznati področja, kjer se lahko pojavijo težave z razumevanjem, prav tako zahteva pregledovanje odgovorov referenčnega testa nekaj časa, vendar dobi učitelj z analizo odgovorov referenčnega testa kvalitetne informacije o izkušnjah, predznanju in predstavah dijakov v povezavi s snovjo, ki bo sledila.

6.1.2 IZBOR EKSPERIMENTOV

Pri pouku opravljamo dve vrsti eksperimentov: demonstracijske ter eksperimente, ki jih dijaki izvajajo samostojno, v parih ali skupinah.

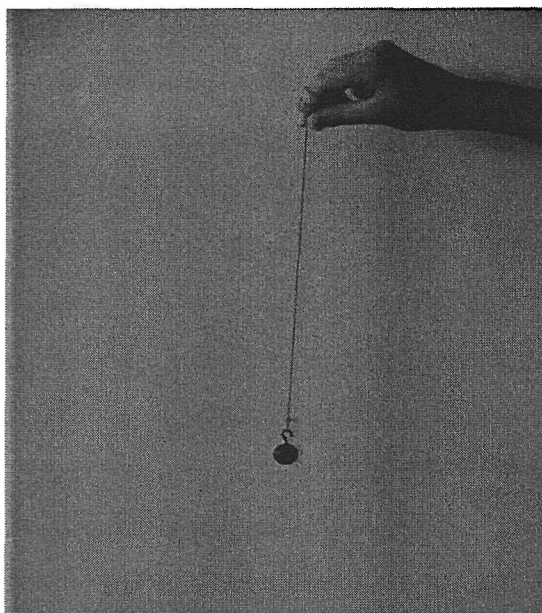
Demonstracijski eksperimenti, izbrani pri poučevanju s konstruktivistično metodo so pogosto isti kot pri pouku s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Razlika je v izvedbi eksperimenta. Pri tradicionalnem pristopu z elementi konstruktivizma izvede eksperiment učitelj in ga tudi pojasni. Pri konstruktivističnem pristopu pa običajno izid eksperimenta najprej napovedo dijaki, potem ga šele učitelj izvede. Če se napovedi dijakov ne skladajo z izidom eksperimenta, učitelj usmerja diskusijo, v kateri dijaki pridejo do pravih zaključkov. Občasno pa učitelj demonstracijski eksperiment izvede, dijaki pa ga morajo pojasniti. Pri pojasnjevanju jih po potrebi usmerja učitelj z vprašanji.

Izbrani poskusi, ki so jih izvajali dijaki v parih ali skupinah, so bili zelo preprosti ter časovno hitro izvedljivi. Tudi pripomočki, ki smo jih pri izvajanju potrebovali, so bili zelo preprosti. Pogosto so bili izbrani taki eksperimenti, ki sem jih pred tem izvajala demonstracijsko že pri tradicionalnem poučevanju, vendar so sedaj dijaki izid eksperimenta najprej samostojno napovedali, nato so eksperiment izvedli ter se soočili napovedi z rezultatom eksperimenta. Pri tradicionalnem pristopu k pouku taki kratki eksperimenti, ki jih opravljajo dijaki samostojno v razredu, niso predvideni. Na primer: tradicionalno in konstruktivistično izvajanje eksperimenta, ob katerem pojasnimo resonanco.

Pri tradicionalnem pristopu izvede eksperiment učitelj in ob izvajanju eksperimenta sam pojasnjuje dogajanje. Učitelj drži v roki nihalo. Odmakne utež iz ravnovesne lege ter tako demonstrira lastno nihanje nihala. Nato začne nihalo premikati levo-desno z roko, v kateri drži vrvico. Ob tem na primer pojasnjuje: »Če je frekvenca roke, s katero premikam vrvico majhna (demonstrira), potem se amplituda nihala bistveno ne spremeni. Če zelo povečamo frekvenco premikanja roke (demonstrira), se amplituda močno zmanjša, če pa premikam roko z neko vmesno frekvenco (demonstrira), se amplituda močno poveča. Temu pojavu pravimo resonanca.« Učitelj nato nariše na tablo resonančno krivuljo.

Pri konstruktivističnem pristopu pa učitelj demonstrira isti eksperiment, ob tem pa vzpodbudi dijake, da pozorno opazujejo gibanje roke, v kateri drži nihalo ter opazujejo, kako se pri tem spreminja amplituda nihanja. Nato od dijakov zahteva, naj skicirajo graf, ki prikazuje odvisnost amplitude od frekvence premikanja roke. Učitelj spremlja, kakšne skice so narisali dijaki in poskrbi, da dijaki narišejo na tablo vse različne skice grafov. Sledi diskusija, v kateri dijaki narisane grafe pojasnjujejo in argumentirajo razloge, zakaj so jih tako narisali. Učitelj usmerja diskusijo tako, da dijaki pridejo do pravilnega zaključka.

Pri obeh pristopih demonstrira učitelj nihanje preprostega nitnega nihala kot kaže Slika 6.3.



Slika 6.3: Preprosto matematično nihalo, s katerim demonstriramo resonanco.

Razlika med tradicionalnim in konstruktivističnim pristopom k eksperimentu je, da pri tradicionalnem pouku eksperiment izvede in razloži učitelj, pri konstruktivističnem pa morajo dijaki sami po skupinah ali v parih opraviti eksperiment v zvezi z nalogo, ki so jo dobili, ter rezultat eksperimentalno preveriti. Nosilci eksperimentiranja, napovedi izida ter pojasnjevanja eksperimenta so dijaki.

6.1.3 SPROTNO PREVERJANJE RAZUMEVANJA

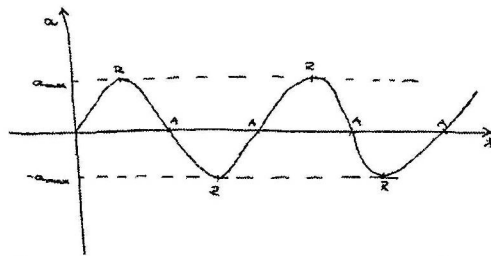
Pri procesu usvajanja pravih fizikalnih konceptov je zelo pomembno sprotno preverjanje usvojenega znanja. To preverjanje mora biti časovno kratko, učinkovito, pokazati pa mora razumevanje vseh dijakov v razredu.

Ker so bile izkušnje preverjanja znanja pri kinematiki v prvem letniku s pomočjo skiciranja grafov, ki ponazarjajo odvisnosti med opazovanima količinama dobre, sem ta način preverjanja uporabila tudi pri preverjanju znanja iz nihanja in valovanja (Kariž Merhar idr. 2008a). Tudi pri nihanju

opisujemo časovno spreminjanje odmika, hitrosti ter pospeška podobno kot smo to počeli pri premem in krivem gibanju.

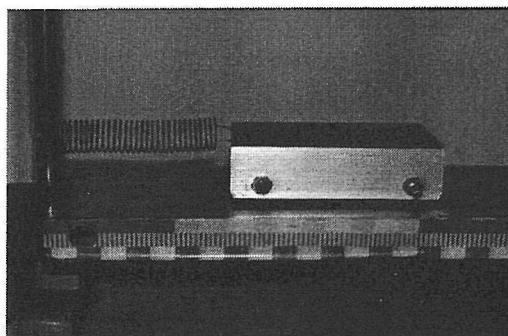
Skicirati graf pomeni prostoročno narisati koordinatni sistem, ob oseh označiti katero količino nanašamo na x in katero na y os ter prostoročno narisati krivuljo, ki po mnenju dijaka predstavlja odvisnost med količinama. Primer skice grafa kaže Slika 6.4.

V procesu razvoja konstruktivistične metode so dijaki najprej risali skice grafov v zvezke. Izkazalo se je, da so imeli zaradi popravljanja grafov zapiske slabše pregledne. Zato so dijaki kasneje risali skice grafov na liste (polovica lista A4), v zvezek pa so narisali le pravilni graf.



Slika 6.4: Skica grafa, ki prikazuje časovno odvisnost pospeška sinusnega nihanja.

Metoda preverjanja razumevanja s skiciranjem grafov poteka tako, da učitelj dijakom pokaže eksperiment, na primer nihanje vozička, pripetega na vzmet, kot kaže Slika 6.5.

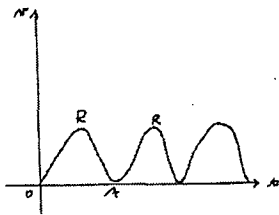
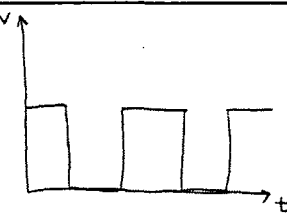


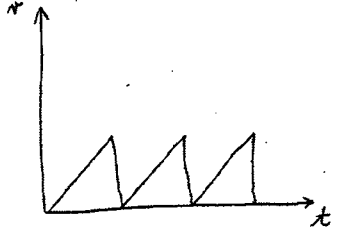
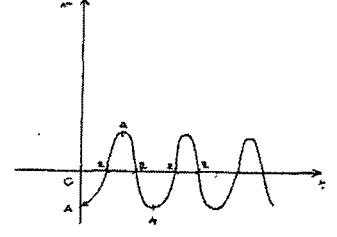
Slika 6.5: Dijaki so opazovali nihanje vozička, pripetega na vzmet.

Ob tem učitelj od dijakov zahteva, da skicirajo, kako se opazovanemu vozičku s časom spreminja hitrost. Učitelj opredeli krajše časovno obdobje (na primer 2 minuti), v katerem dijaki grafe skicirajo. Učitelj se ob tem sprehaja po razredu in opazuje nastale skice grafov. Mize v razredu morajo biti razporejene tako, da ima učitelj vpogled v skice grafov vseh dijakov.

Navadno se v razredu s 34 dijaki pojavi do 5 različnih skic grafov. Če se pojavi v razredu večje število različnih skic grafov, učitelj dijake pozove, da se o skici posvetujejo s sosedom (Mazur 1997). Po posvetu lahko svojo skico grafa tudi spremenijo. Običajno se ob pogovoru s kolegom število med seboj različnih skic grafov v razredu zmanjša. Izkušnje kažejo, da je število petih različnih skic grafov ali manjše primerno za nadaljnjo obravnavo.

Učitelj že med opazovanjem nastajanja skic prosi posamezne dijake, da svoje skice narišejo še na tablo. Učitelj poskrbi, da so na tabli narisane vse različice skic grafov, ki so se pojavile v razredu. Ob skicah grafov, ki so na tabli, sledi diskusija. Avtorji skic pojasnijo razloge zakaj so jih tako narisali. Pri skiciranju grafov $v(t)$ za nihanje vozička na Sliki 6.5 se je razredu pojavilo 5 različnih skic grafov kot kaže Slika 6.6.

Grafi, ki so jih skicirali dijaki.	% dijakov
 <p>a.</p>	66
 <p>b.</p>	12

 <p>c.</p>	<p>12</p>
 <p>d.</p>	<p>10</p>

Slika 6.6: Različne skice grafov $v(t)$, ki so se pojavile v razredu s 34 dijaki ob opazovanju vozička, pripetega na vzmeti. V tabeli je zapisano tudi, koliko procentov dijakov je skiciralo posamezen graf.

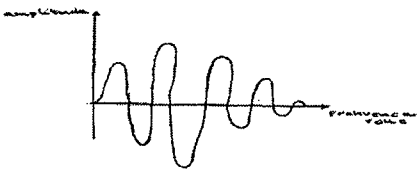
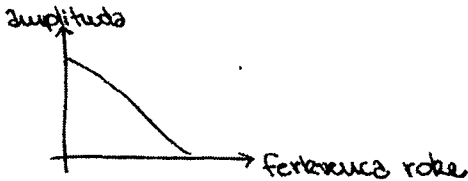
Ob predstavljanju grafov poskrbi učitelj, da teče predstavitev in diskusija najprej ob grafih, ki niso pravilno narisani. Če bi začeli najprej s predstavitvijo pravilnega grafa, učitelj ne bi spoznal razlogov, zakaj so nekateri dijaki skicirali napačne odvisnosti $v(t)$.

Grafi a, b in c na Sliki 6.6 predstavljajo neko periodično spreminjanje hitrosti. Noben od teh grafov ne prikazuje spremembe smeri hitrosti. Ta rezultat ni presenetljiv, saj so v vsakdanjem življenju za nas pomembne predvsem velikosti hitrosti in ne smeri. Dijaki, ki so narisali grafa b in c imajo težave z razumevanjem grafičnega opisovanja gibanja. Odseki na grafu b, ki so vzporedni z abscisno osjo, predstavljajo konstantno hitrost, poševni odseki na grafu c pa predstavljajo enakomerno naraščajočo hitrost. Vendar pri sinusnem nihanju ni hitrost nikoli konstantna oziroma ne narašča enakomerno s časom.

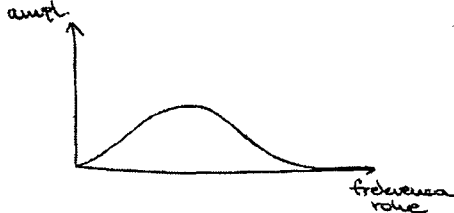
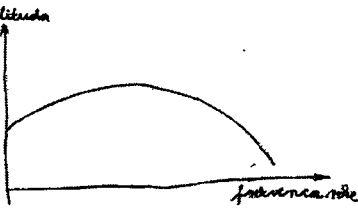
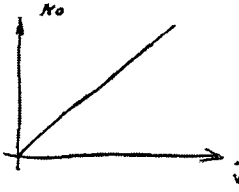
Ob tem, ko posamezni dijaki predstavljajo svoje grafe in povedo razloge, zakaj so jih narisali, kakor so jih, učitelj spoznava, kako dijaki usvajajo vsebine in spremlja njihovo razumevanje. Če dijak grafa ne skicira pravilno, je učinkovito, če učitelj dijaka pozove, naj z roko ali v tem primeru z vozičkom demonstrira gibanje kot ga kaže njegov graf. Ob tem navadno dijaki ugotovijo napake v svojih grafih.

Indikativen za metodo je tudi primer, ko so dijaki opazovali resonanco matematičnega nihala, predstavljenega na Sliki 6.3. Dijaki so dobili navodilo, naj skicirajo graf, ki predstavlja odvisnost amplitude nihala v odvisnosti od frekvence roke, s katero nihalo premikamo. Učitelj demonstrira eksperiment, dijaki opazujejo in skicirajo grafe.

V razredu s 34 dijaki se je pojavilo pet različnih skic grafov amplitude nihala v odvisnosti od frekvence roke kot kaže Slika 6.7. Učitelj nato poskrbi, da dijaki narišejo na tablo vse različne grafe, sledi diskusija v kateri avtorji grafov pojasnijo zakaj so jih narisali tako, kot so jih. Ob diskusiji dijaki ugotovijo, kateri graf je pravilni. Učitelj naredi povzetek.

Graf, ki so jih skicirali dijaki.	% dijakov
<p>a.</p> 	37
<p>b.</p> 	29

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>c.</p> 	<p>15</p>
<p>d.</p> 	<p>11</p>
<p>e.</p> 	<p>8</p>

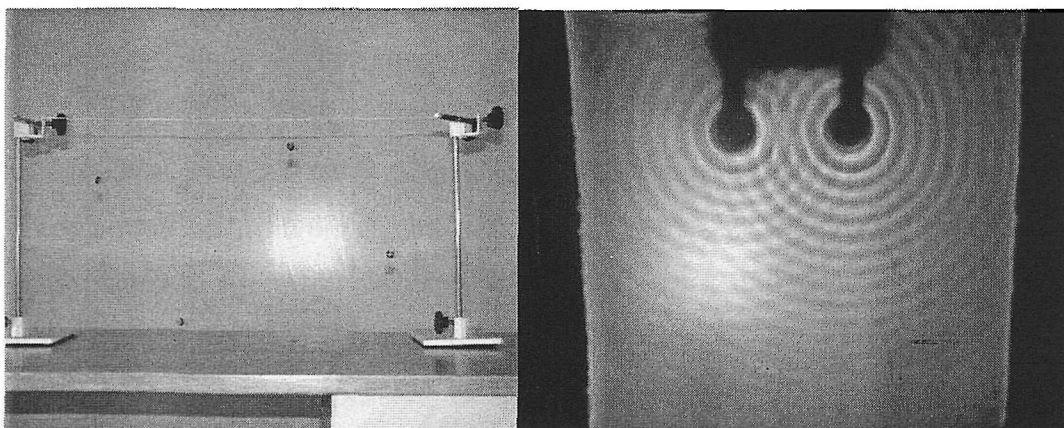
Slika 6.7: Grafi, ki so jih skicirali dijaki ob opazovanju demonstracijskega eksperimenta z matematičnim nihalom. V desnem stolpcu je zapisano, kolikšen delež dijakov je skiciral posamezen graf.

Ob uporabi metode skiciranja grafov za ugotavljanje razumevanja časovne odvisnosti količin se je potrebno zavedati, da imajo dijaki lahko težave že s samim risanjem grafov (Beicher idr. 1994, Goldberg idr. 1980, McDermott idr. 1987). Vendar če dijaki skicirajo grafe že od samega začetka, torej od obravnave gibanja v prvem letniku, so napake, ki so posledica težav z risanjem grafov in ne razumevanja odvisnosti med količinama, zelo malo zastopane.

Metoda skiciranja grafov se je izkazala kot uspešna za hitro in učinkovito preverjanje razumevanja vseh dijakov v razredu naenkrat.

6.2 UČNA URA S KONSTRUKTIVISTIČNO METODO

Potem, ko učitelj predhodno analizira rezultate referenčnih testov in ugotovi, kakšno je predznanje dijakov, kakšne so njihove predstave ter izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo šele obravnavana, načrtuje potek in aktivnosti, ki jih bodo opravljali dijaki pri pouku v nadaljevanju.



Slika 6.8: Uvodna eksperimenta v nihanja ter valovanje.

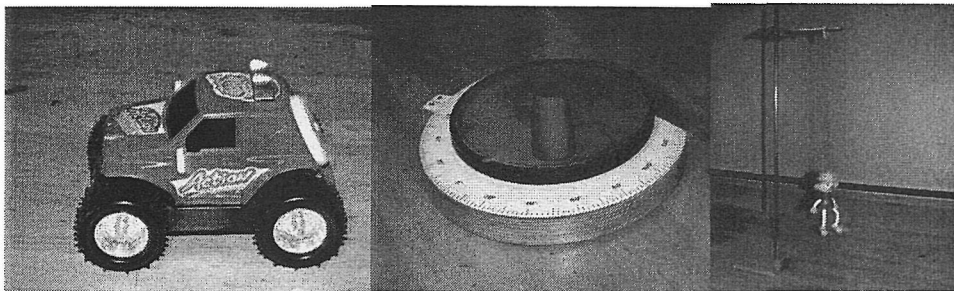
Na začetku obravnave nove tematike učitelj demonstrira eksperiment, s katerim motivira dijake za nove vsebine. Učitelj eksperiment le demonstrira, a vzrokov za opazovani pojav ne pojasni. Pove le, da bodo znali eksperiment razložiti, ko bodo usvojili vsebine iz novega poglavja. Primeren demonstracijski eksperiment za uvod v nihanje je demonstracija resonance z matematičnimi nihali, ki imajo različno dolžino vrvic, pri valovanju pa je učinkovit motivacijski eksperiment opazovanja interference na vodni gladini (Slika 6.8).

V nadaljevanju obravnave snovi so učne ure sestavljene podobno kot pri tradicionalnem pristopu:

- uvod v učno enoto,
- jedro učne enote,
- zaključek učne enote,

le aktivnosti dijakov v posameznih delih učne enote se pri obeh pristopih močno razlikujejo.

1. Uvod v učno enoto



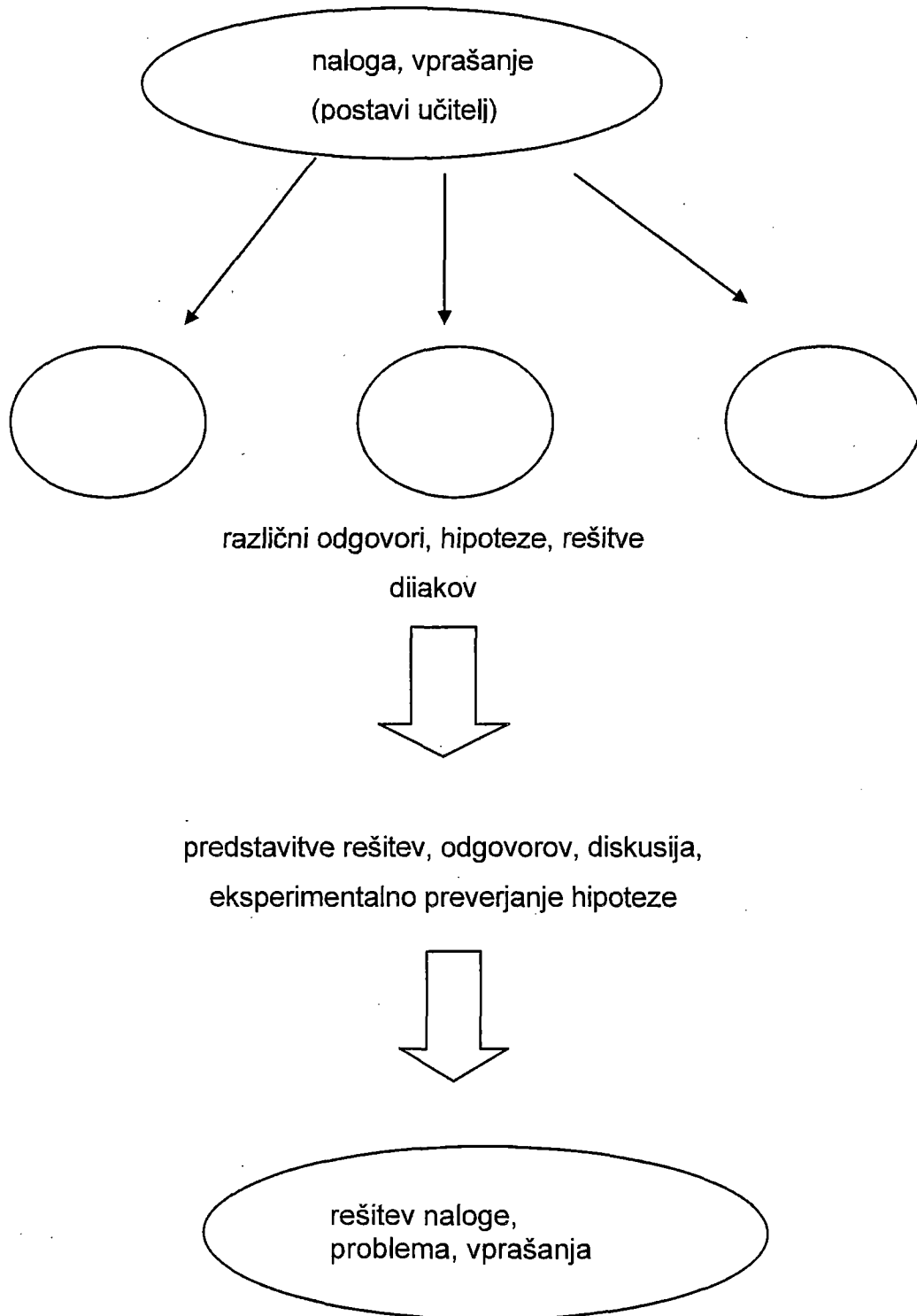
Slika 6.9: Učitelj v uvodu ure, katere cilj je opis nihanja, demonstrira premo gibanje avtomobilčka in kroženje telesa na plošči. Premo gibanje in kroženje dijaki že poznajo in ju primerjajo z nihanjem.

V uvodu v učno enoto učitelj pri konstruktivističnem pristopu ne ugotavlja predznanja v zvezi s konkretnimi vsebinami, ki bodo obravnavane v jedru ure le z vprašanji, ampak učitelj pogosto demonstrira preproste eksperimente, ob katerih dijaki ponovijo znanje, na katerem bodo temeljile nove vsebine. Na primer pri uri, katere cilj je opis nihala in nihanja, demonstrira učitelj v uvodu v uro gibanja, ki jih dijaki že poznajo, ter gibanja primerja z nihanjem nihala. Dijaki potem lažje ločujejo nihanje od drugih vrst gibanja (Slika 6.9).

2. Jedro učne enote

Jedro učne enote poteka običajno tako, da učitelj izpostavi problem, ki ga dijaki rešujejo samostojno, v parih ali v skupinah. Ob tem opazujejo eksperiment, ki ga demonstrira učitelj ali pa dijaki sami izvedejo preprost

eksperiment, poiščejo rešitev problema ter jo predstavijo. Ob predstavitvi rešitev poteka diskusija, v kateri dijaki argumentirano predstavijo svoje rešitve. Učitelj po potrebi usmerja diskusijo, da dijaki dosežejo soglasje o rešitvi problema ter jasno ponovi rešitev (Slika 6.10).



Slika 6.10: Potek dela v jedru učne enote.

Dokončna oblika metode, ki je predstavljena v nalogi, je rezultat sedemletnega dela. Najprej sem preizkušala obliko metode, ki je podobna raziskovalnemu in problemskemu učenju (Labinowitz 1989). Dijake sem razdelila na skupine po štiri člane in vsaki skupini dala pisna navodila za delo. Navodilo je vsebovalo problemsko nalogo, ki so jo morali dijaki navadno rešiti tako, da so napovedali rezultat, ki so ga, če je le bilo mogoče, eksperimentalno preverili ter povzeli ugotovitve. Sledilo je poročanje skupin ter skupen povzetek. Izkazalo se je, da je tak pristop časovno preveč zahteven. Naloge so nekatere skupine opravile hitreje kot druge, kar je povzročalo težave. Zato sem v nadaljevanju za skupinsko delo načrtovala le časovno krajše zadolžitve (do 5min), takoj za tem je sledilo poročanje in povzetek. Na ta način je postalo delo skupin časovno usklajeno.

Aktivnosti, ki so bile izbrane za usvajanje ciljev iz učnega načrta za nihanja in valovanje, so se v večletnem razvoju metode izkazale kot najbolj učinkovite, kot take, pri katerih so dijaki najpogosteje oblikovali pravilne

zaključke in razlage (Dodatek C). V razvoju metode sem poleg učinkovitih eksperimentov evidentirala tudi nabor vprašanj v povezavi z eksperimentalnim delom, ki podpirajo razvoj pravilnih konceptov in predstav.

Del v razredu v jedru učne enote poteka na različne načine:

- v skupinah. Eksperimentalno delo je potekalo v skupinah, v vsaki so bili štirje dijaki. Raziskave kažejo (Heller 1981), da je pri delu v skupini najuspešnejša skupina iz štirih članov. Eksperimenta navadno ne more uspešno in kvalitetno opraviti en sam dijak, zelo pomembno je tudi sodelovanje dijakov v skupini.
- v parih. Krajše naloge so dijaki reševali navadno tako, da so se posvetovali s sošolcem. Občasno so morali dijaki najprej odgovoriti na vprašanje sami, šele potem je sledil kratek posvet s sošolci. Dijaki so imeli možnost svoj odgovor tudi spremeniti. Raziskave kažejo (Mazur 1997), da je medsebojna izmenjava mnenj dijakov zelo

koristna, predvsem v primerih, ko imajo dijaki napačno predstavo. Dijaki imajo namreč približno enako izkušenj in znanja, s katerim nekateri dobro rešijo dane probleme, drugi pa ne. Učitelj ima več izkušenj in znanja, kar seveda uporabi pri razlagi in mnogokrat njegova razlaga presega dojemanje posameznega dijaka.

- individualno. Na kratko vprašanje oz. nalogo je odgovarjal vsak dijak zase. Namen tega je hiter pregled, koliko so posamezni dijaki usvojili snov. Na osnovi tega se učitelj odloči, kako bo nadaljeval. Učitelj ob tem ugotavlja tudi morebitne napačne predstave posameznega dijaka.
- frontalno. Pomembno je, da so povzetki in zaključki jasni. Ta del učnega procesa poteka ob vodenju učitelja. Prav tako je tudi učitelj tisti, ki vpeljuje in definira nove pojme in količine.

3. Zaključek učne enote:

Zaključek učne enote vsebuje nabor vprašanj in nalog za dodatno utrjevanje in preverjanje znanja in uporabe usvojenih vsebin.

6.3 PRIMERJAVA TRADICIONALNE METODE Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA IN KONSTRUKTIVISTIČNE METODE POUČEVANJA

V podpoglavju je predstavljena primerjava tradicionalne metode z elementi konstruktivizma, ki je pri pouku fizike v Sloveniji najpogosteje uporabljena in konstruktivistične metode poučevanja.

TRADICIONALNA METODA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA	KONSTRUKTIVISTIČNA METODA
<p>Uvod:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. namenjen je predvsem ponovitvi že obdelane snovi, ki jo morajo dijaki obvladati, da bodo sledili razlagi 2. učitelj postavlja vprašanja, ob katerih dijaki ponovijo predvsem definicije količin. 	<p>Uvod:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. namenjen je preverjanju predznanja, ne le ponavljanju vsebin, ki so temeljne za obravnavo nove snovi 2. učitelj postavlja vprašanja z namenom ugotoviti: <ul style="list-style-type: none"> - kako dijaki uporabijo že usvojeno znanje v novi situaciji, kako opisujejo pojave, s katerimi pojmi pri tem operirajo, izzove morebitna napačna razumevanja (glede na izkušnje oz. primere iz literature) - v uvodu v novo poglavje učitelj demonstrira poskuse, ki jih ne razloži, ampak z njimi samo vzbudi radovednost dijakov
<p>Jedro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. učitelj je predvsem posredovalec, prenašalec nove snovi, učitelj izvede demonstracijski eksperiment, novo snov razlaga sam, sam izpelje enačbe ter vpelje nove pojme in definira nove količine. Vmes postavlja dijakom vprašanja. 2. dijaki pri obravnavi nove 	<p>Jedro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. učitelj postavi vprašanje, izpostavi problem, dijaki iščejo rešitve in odgovore. Rešitve lahko iščejo samostojno, v parih, po skupinah. Pogosto najprej odgovori dijak sam, potem se posvetuje s sošolci (sosedom ali v skupini), ob tem svoj odgovor lahko spremeni. Ob predstavitvi in utemeljevanju odgovorov teče

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>snovi sodelujejo predvsem z odgovori na vprašanja učitelja.</p>	<p>diskusija, v kateri dijaki argumentirano izberejo najustreznejšo rešitev. Učitelj jih med diskusijo usmerja z vprašanji, kolikor je potrebno. Na koncu naredi skupaj z dijaki jasen povzetek pravilnega odgovora, da si dijaki lahko uredijo zapiske.</p> <p>2. učitelj z demonstracijskim eksperimentom ali dijaki z eksperimentom, ki ga opravljajo v skupini, preverijo hipotezo</p> <p>3. učitelj vpelje nove pojme in definira fizikalne količine</p> <p>Nosilci učnega procesa so torej dijaki. Ob odgovorih dijakov učitelj spoznava način, kako gradijo znanje in ob tem ugotovi morebitna napačna razumevanja in jih s premišljenimi vprašanji pomaga preseči.</p>
<p>Zaključek:</p> <p>Utrjevanje in preverjanje z računskimi primeri. Dijaki rešujejo naloge iz učbenika.</p>	<p>Zaključek:</p> <p>Utrjevanje z raznovrstnimi nalogami, ki preverjajo ali so dijaki zastavljene cilje dosegli (dijaki predstavijo lastne primere, rešujejo naloge, ki so povezane z vsakdanjim življenjem, načrtujejo in izvajajo različne eksperimente, rešujejo tudi računske naloge).</p>

Konstruktivistična metoda postavlja v središče učnega procesa dijaka, izhaja iz njegovega predznanja, predstav in izkušenj in jih v učnem procesu nadgrajuje tako, da je pri tem dijak osrednji nosilec aktivnosti. Učitelj sprti spremlja kako dijak konstruira svoje znanje in ob dijakovih morebitnih težavah z razumevanjem takoj posreduje. Upravičeno je pričakovati, da bo takšna metoda učinkovitejša pri oblikovanju pravih konceptov nihanja in valovanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

6.4 KONSTRUKTIVISTIČNA METODA OBRAVNAVE VSEBIN IZ NIHANJA IN VALOVANJA

Natančen opis ur s konstruktivističnim pristopom za poučevanje nihanja je v Dodatku C, za valovanje pa v Dodatku E. Najprej so predstavljeni cilji iz obeh poglavij (Nihanje, Valovanje), ki so zapisani v Učnem načrtu za gimnazije. Nato so zapisane predvidene dejavnosti, ki jih mora dijak uspešno opraviti, da pokaže ali je izbrane cilje uspešno usvojil. Dejavnosti so taksonomsko razdeljene na tri skupine: najnižje so na nivoju poznavanja, prepoznavanja, ponovitve tistega, kar so dijaki slišali že pri pouku. Naslednja skupina dejavnosti zahteva razumevanje temeljnih pojavov ter obvladovanje preprostih primerov, ki niso bili obravnavani pri pouku, najzahtevnejša skupina dejavnosti pa od dijakov zahteva uporabo znanja v novi situaciji, reševanje zahtevnejših in kompleksnejših primerov.

Sledi kratka predstavitev ciljev iz nihanja ter valovanja s tradicionalno metodo, ki vsebuje elemente konstruktivizma. Učne ure se navadno začnejo s krajšo predstavitvijo že usvojene snovi, na kateri bo temeljila nova snov. V jedru učne ure učitelj pojasni, razloži novo snov, vpelje nove pojme, pove definicije količin, pokaže demonstracijski eksperiment. V zaključku ure sledi preverjanje in utrjevanje znanja, najpogosteje z reševanjem računskih nalog iz učbenika. Dijaki pri pouku sodelujejo predvsem s postavljanjem vprašanj

učitelju, če med razlago česa ne razumejo, odgovarjajo na vprašanja učitelja ter rešujejo računske naloge. Učitelj snov posreduje dijakom najpogosteje frontalno. Laboratorijske vaje potekajo pri tradicionalnem pouku tako, da jih dijaki izvajajo po natančnih navodilih, ki jih da učitelj.

Konstruktivistična metoda poučevanja pa zahteva, da učitelj ni le prenašalec znanja, pač pa njegova vloga pri pouku vsebuje elemente mentorstva. Učitelj izpostavi problem, dijaki pa so tisti, ki prvi povedo rešitev problema, ne učitelj. Učna ura je prav tako sestavljena iz uvoda, jedra in zaključka.

V uvodih v učno uro učitelj pogosto pokaže demonstracijski eksperiment, ob katerem dijaki že usvojeno znanje prenesejo v novo situacijo. Tako so izbrani eksperimenti, pri katerih dijaki opazujejo gibanja, ki jih že poznajo: premo gibanje, kroženje, trk kroglic. Že znana gibanja primerjajo z novim – nihanjem ter tako ugotovijo razlike in podobnosti med opazovanimi gibanji ter ugotovijo specifične lastnosti, ki so značilne le za nihanje oziroma trk kroglic primerjajo s srečanjem dveh motenj in spoznavajo specifično srečanja dveh motenj.

V jedru učne ure je težišče aktivnosti na dijakih. Dijaki aktivno gradijo svoje znanje, učitelj jih pri tem spremlja in usmerja. Učitelj dijake izzove z demonstracijskimi eksperimenti, ob katerih postavlja vprašanja. Z vprašanji, ki jih učitelj postavlja ob opazovanju demonstracijskega eksperimenta, dijake usmerja v uporabo že usvojenega znanja in njegovo nadgradnjo v novih primerih. Demonstracijski eksperimenti so izbrani tako, da dijake vodijo od že usvojenih znanj k novim (na primer primerjava premega gibanja, vodoravnega meta ter kroženja z nihanjem ter primerjava sestavljenega nihanja z valovanjem) oziroma od opazovanja realnega nihanja igračke do abstrakcije – matematičnega ter vzmetnega nihala oziroma krožnega ter ravnega valovanja. Učitelj spremlja odgovore dijakov ter se na napačne takoj odzove z ustreznim vprašanjem oziroma z ustrežno aktivnostjo dijaka. Tako je upravičeno pričakovati, da bo taka metoda poučevanja pripomogla k zmanjšanju težav z razumevanjem.

Pomembno je, da učitelj evidentira različne napačne odgovore dijakov, saj dobi tako v nekaj letih širok spekter možnih napačnih odgovorov in se nanje vnaprej pripravi z načrtovanjem ustreznih aktivnosti dijakov. Pri izboru aktivnosti dijakov učitelj upošteva tudi izsledke analize referenčnega testa ter primere iz literature, ki opisujejo težave z razumevanjem.

Naloge za preverjanje in utrjevanje znanja v zaključku učne ure so izbrane tako, da dijaki uporabijo novo usvojeno znanje v novih situacijah, ki so pogosto povezane z vsakdanjim življenjem. Domače naloge pa pogosto vključujejo uporabo novo usvojenega znanja pri preprostih praktičnih primerih.

7 EVALVACIJA USPEŠNOSTI KONSTRUKTIVISTIČNE METODE

Evalvacija uspešnosti konstruktivistične metode je bila opravljena z metodo pedagoškega eksperimenta. Pedagoška raziskava je potekala na treh različnih gimnazijah v Sloveniji, ki bodo v nadaljevanju označene z A, B ter C. Z raziskavo sem ugotavljala uspešnost konstruktivistične metode pri usvajanju nekaterih ciljev iz nihanja in valovanja, predpisanih z učnim načrtom za gimnazije v primerjavi z uspešnostjo usvajanja istih ciljev s tradicionalno metodo, ki vsebuje elemente konstruktivizma.

7.1 VZOREC

Pri pedagoškem eksperimentu je sodelovalo šest različnih učiteljev fizike. Učitelji, ki so sodelovali v pedagoškem eksperimentu na gimnazijah B in C, so imeli dvajset in več let delovnih izkušenj, prav tako učitelj eksperimentalne skupine na gimnaziji A. Učitelj kontrolne skupine na gimnaziji A pa je imel sedem let delovnih izkušenj. Ta učitelj tudi ni imel nobenega naziva, vsi ostali imajo naziv svetnik. Učitelji eksperimentalnih skupin so poučevali vsebine iz nihanja in valovanja po učnih pripravah, ki so v Dodatku C ter Dodatku E. Eksperimentalni oddelek na gimnaziji A se je s konstruktivističnim pristopom k poučevanju kratko srečal že v prvem letniku pri risanju grafov iz kinematike.

Gimnazije, na katerih je potekal pedagoški eksperiment, se med seboj razlikujejo po strukturi dijakov, ki se vanje vpisujejo. Na gimnazijo, ki bo v

nadaljevanju označena s črko A, se vpisujejo dijaki, ki so osnovno šolo zaključili z odličnim uspehom. Na gimnazijo B se vpisujejo dijaki, ki so osnovno šolo zaključili s prav dobrim ali dobrim uspehom, na gimnaziji C pa je struktura vpisanih dijakov široka, od takih, ki so osnovno šolo zaključili z odličnim uspehom do takih, ki so osnovno šolo zaključili z dobrim uspehom. Glede na različno strukturo vpisanih dijakov na posamezne gimnazije A, B in C, je upravičeno pričakovati, da obstajajo razlike v predznanju dijakov posameznih gimnazij. To dejstvo sem upoštevala pri analizi testov in sem zato analizirala rezultate testov ločeno za vsako gimnazijo posebej. Za primerjavo sem analizirala tudi podatke, kjer sem eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov različnih gimnazij združila.

Največja težava pri izvedbi pedagoškega eksperimenta je bila v pridobivanju kolegov za sodelovanje. Raziskava, ki je bila opravljena, je namreč zelo obsežna, časovno obsega kar tretjino letnika. Že pri izvedbi ankete med učitelji fizike je bil odziv kolegov šibek, da bi pa kateri od kolegov sodeloval pri raziskavi, ki traja tri do štiri mesece, je zelo težko pričakovati, saj drugačen pristop k pouku zahteva nove učne priprave. Pri pridobivanju kolegov za raziskavo sta mi pomagala mentorica in somentor, saj sta zaradi mnogih sodelovanj z učitelji imela precej večjo moč prepričevanja kot jaz. Ker je bila raziskava časovno dolgotrajna, je učitelj, ki je poučeval s konstruktivistično metodo na gimnaziji C od raziskave odstopil zaradi časovne stiske. Učitelju kontrolne skupine na gimnaziji B je zmanjkalo časa za ponovno testiranje Referenčnega testa iz valovanja. Vsi učitelji kontrolnih skupin so uporabljali pri poučevanju fizike tradicionalno metodo, ki jo nadgrajujejo z elementi konstruktivizma. Prav tako so bili vsi učitelji, tako kontrolnih kot eksperimentalnih skupin, uspešni učitelji, katerih dijaki so uspešni na maturi in tekmovanjih.

Poleg teh težav so se pri iskanju kolegov za pomoč pri raziskavi pojavile še težave zaradi izbirnosti in fleksibilnosti vsebin, ki jih dopušča učni načrt za fiziko za gimnazije. Učitelji namreč lahko avtonomno izberemo, katere vsebine bomo obdelali v prvih treh letnikih, katere pa bomo obravnavali v četrtem letniku. Vsebine, ki jih obdelamo v četrtem letniku poslušajo samo

tisti dijaki, ki si kot izbirni maturitetni predmet izberejo fiziko. Tako je bilo za raziskavo potrebno najti kolege, ki vsebine iz nihanja in valovanja obravnavajo v prvih treh letnikih. To je pomembno zato, da v raziskavi sodeluje celotna populacija dijakov, ne le tisti, ki si fiziko izberejo kot maturitetni predmet. Učenci, ki izbirajo fiziko kot izbirni predmet na maturi, so namreč za učenje fizike v povprečju bolj motivirani kot celotna generacija. Poleg avtonomnosti učitelja o vrstnem redu obravnavanja vsebin, imajo tudi šole možnost avtonomno dodeljevati nerazporejene ure različnim predmetom. Tako so imeli dijaki na gimnazijah A in B v prvem, drugem in tretjem letniku po dve uri fizike na teden, dijaki na gimnaziji C pa so imeli po dve uri fizike na teden v prvem in tretjem letniku, v drugem pa po tri ure fizike na teden. Tako je tudi ob upoštevanju tega smiselna primerjava dosežkov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov za vsako gimnazijo posebej.

Pedagoški eksperiment je torej potekal na treh različnih gimnazijah A, B in C, kjer učitelji obravnavajo pri fiziki vsebine iz nihanja in valovanja v prvih treh letnikih. Na vsaki gimnaziji sta v raziskavi sodelovala po dva oddelka dijakov. Oddelki so šteli od 30 do 34 dijakov. Eksperimentalnega je učitelj poučeval vsebine iz nihanja in valovanja s konstruktivistično metodo, drugega - kontrolno skupino, pa je drug učitelj poučeval predlagane vsebine iz nihanja in valovanja, predstavljene v disertaciji, na običajen način, torej s tradicionalno metodo, ki je vsebovala elemente konstruktivizma. V nadaljevanju bo eksperimentalna skupina označena s številko 1, kontrolna pa s številko 2. Oznaka A1 torej pomeni eksperimentalno skupino na gimnaziji A, oznaka A2 pa kontrolno skupino na isti gimnaziji.

Med pedagoškim eksperimentom so dijaki za potrebe evalvacije reševali tudi različne teste: Referenčni test iz nihanja, Referenčni test iz valovanja, Preverjanje znanja iz nihanja, Preverjanje znanja iz valovanja, Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku ter Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku. Teste je reševalo različno število dijakov (Tabela 7.1). Testiranje uspešnosti poučevanja vsebin iz valovanja je potekalo le na gimnazijah A in B.

Teste Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku, ki je bil izveden na gimnaziji A, je reševalo 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučavani s konstruktivistično metodo (A1), 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalen način z elementi konstruktivizma (B1), 46 dijakov, ki se ne pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani s konstruktivistično metodo (A2) ter 85 dijakov, ki se ne pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalen način z elementi konstruktivizma.

Tabela 7.1: Število dijakov po posameznih testnih skupinah, ki so reševali posamezne teste.

Test	Referenčni test iz nihanja	Referenčni test iz valovanja	Preverjanje znanja iz nihanja	Preverjanje znanja iz valovanja
A1	30	22	32	29
A2	20	31	30	20
B1	28	28	28	32
B2	27	22	24	20
C1	27	/	29	/
C2	28	/	20	/

7.2 MERSKI INSTRUMENTI

Evalvacija uspešnosti konstruktivistične metode poučevanja nihanja je bila opravljena s tremi različnimi testi, z Referenčnim testom iz nihanja, s testom Preverjanje znanja iz nihanja ter testom Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku. Testiranje uspešnosti poučevanja vsebin iz nihanja je potekalo na gimnazijah A, B in C. Evalvacija uspešnosti konstruktivistične metode poučevanja valovanja je bila prav tako opravljena s tremi različnimi testi, z Referenčnim testom iz valovanja, s testom Preverjanje znanja iz

valovanja ter testom. Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku. Testiranje vsebin iz valovanja je potekalo na gimnazijah A in B.

Vsi omenjeni testi so bili razviti za potrebe te raziskave in so podrobneje predstavljeni v Dodatku D ter Dodatku F.

7.2.1 OPIS MERSKIH INSTRUMENTOV

Referenčni test iz nihanja

Vprašanja v Referenčnem testu iz nihanja so oblikovana tako, da vsebujejo izraze iz vsakdanjega življenja. Referenčni test iz nihanja, ki vsebuje vprašanja o gugalnici, je bil razvit v procesu razvoja konstruktivistične metode. Vprašanja o guganju na gugalnici so uporabljena zato, ker se je v razvoju konstruktivistične metode, ko sem preizkušala različne načine ugotavljanja predznanja izkazalo, da imajo s področja nihanja dijaki največ izkušenj prav z nihanjem gugalnice.

Vprašanja v Referenčnem testu iz nihanja so zastavljena tako, da pokažejo, katere pojme iz vsakdanjega življenja uporabljajo dijaki za opis nihanja, hkrati pa so vprašanja izbrana tudi tako, da preverjajo predstave dijakov o nekaterih konceptih nihanja: vzrokih za začetek nihanja, razlogih za vsiljeno nihanje in resonanco, o časovnem spreminjanju hitrosti ter o uporabi znanja, ki so ga pridobili o silah in energiji v mehaniki na novem področju – nihanju.

Dijaki obeh skupin, eksperimentalne in kontrolne so pred obravnavo snovi reševali referenčni test, ki je vseboval vprašanja o gibanju gugalnice. Nato so pri pouku obdelali nihanje in po obravnavi ponovno reševali isti test. Dijaki niso vnaprej vedeli, da bodo iste teste reševali tudi po obravnavi snovi, medtem ko so učitelji, ki so sodelovali v raziskavi vedeli, da bodo dijaki na vprašanja o gugalnici odgovarjali pred ter po obravnavi snovi.

Preverjanje znanja iz nihanja

Ta test je sestavil učitelj, ki je poučeval kontrolno skupino A2. Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz nihanja sta pred obravnavo snovi poznala učitelja, ki sta poučevala skupini A1 in A2, učitelji, ki so poučevali skupine B1, B2, C1 in C2 pa vnaprej vprašanj iz testa niso poznali.

Test Preverjanje znanja iz nihanja vsebuje vprašanja, ki so taksonomsko stopnjevana, od poznavanja fizikalnih pojmov pri opisu nihanja in razumevanju grafičnega opisa nihanja, preko vprašanj, ki konkretno preverjajo razumevanje konceptov, ki so bili v tuji literaturi (Wittman 2002), analizi maturitetnih nalog v Sloveniji (Babič 2003, Babič 2005, Trampuš 1999, Trampuš 2001) ter po lastnih izkušnjah opredeljeni kot tisti, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem. Test Preverjanje znanja iz nihanja je usmerjen v ugotavljanje, v kolikšni meri konstruktivistična metoda poučevanja zmanjšuje težave z razumevanjem konceptov iz nihanja v primerjavi z dosežki tradicionalne metode z elementi konstruktivizma. Analiza odgovorov testa Preverjanje znanja iz nihanja je tudi pokazala, ali in če, v kolikšni meri dosegajo dijaki eksperimentalne skupine boljše rezultate kot dijaki kontrolne skupine pri odgovorih na taksonomsko različno zahtevna vprašanja.

Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku

Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku so taksonomsko različno zahtevna: od vprašanj, ki zahtevajo poznavanje in opis nihanja s fizikalnimi pojmi, do grafičnega opisa nihanja, ki je taksonomsko zahtevnejši. V testu so tudi vprašanja, ki konkretno preverjajo koncepte, ki so se v tuji literaturi, analizi maturitetnih nalog v Sloveniji ter po lastnih izkušnjah izkazali kot tisti, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem.

Zaradi majhnega vzorca testirancev, testiranje je bilo opravljeno le na gimnaziji A, je bila pri testu Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku opravljena le kvalitativna analiza.

Referenčni test iz valovanja

Dijaki eksperimentalne in kontrolne skupine so pred obravnavo valovanja reševali Referenčni test iz valovanja, ki je vseboval vprašanja o valovanju na vodni gladini, s katerim imajo dijaki, kot se je izkazalo med razvojem metode, veliko izkušenj. Referenčni test je vseboval tudi vprašanje, ki preverja ali dijaki razlikujejo med gibanjem sredstva in širjenjem valovanja po sredstvu ter vprašanje o seštevanju motenj. Tuja literatura, analiza maturitetnih nalog v Sloveniji in izkušnje pri poučevanju kažejo, da imajo dijaki težave z razlikovanjem gibanja sredstva in širjenja valovanja, kot tudi s seštevanjem motenj (Wittmann 2002). Dijaki so isti test reševali še po obravnavi valovanja. Tega vnaprej niso vedeli. Da bodo dijaki isti test reševali tudi po obravnavi valovanja, pa so vedeli vsi učitelji, ki so sodelovali v raziskavi.

Ker na gimnaziji B dijaki kontrolne skupine niso ponovno reševali Referenčnega testa iz valovanja po obravnavi valovanja, sem lahko primerjala normiran prirastek znanja ter izračunala koeficient t samo za dijake gimnazije A.

Preverjanje znanja iz valovanja

Test je sestavil učitelj, ki je poučeval kontrolno skupino A2. Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja sta pred obravnavo snovi poznala učitelja, ki sta poučevala skupini A1 in A2, učitelja, ki sta poučevala skupini B1 in B2 pa vprašanj v testu nista poznala vnaprej.

Test Preverjanje znanja iz valovanja vsebuje vprašanja različnih taksonomskih zahtevnosti, od razumevanja trenutne slike valovanja do taksonomsko zahtevnejšega vprašanja o lomu valovanja. Vprašanja so izbrana tako, da so odgovori odvisni predvsem o znanja, ki ga dijaki usvojijo

pri obravnavi valovanja in ne toliko od predznanja, predstav in izkušenj. V testu sta tudi vprašanji, ki preverjata razumevanje koncepta širjenja valovanja in seštevanja motenj.

Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku

Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku so taksonomsko različno zahtevna: od poznavanja trenutne slika valovanja do taksonomsko zahtevnejšega opisa pogojev za interferenco. Postavljeni sta tudi vprašanji, ki zahtevata razumevanje koncepta širjenja valovanja in seštevanja motenj.

Namen testa je bil primerjati uspešnost dijakov, ki so bili poučevani valovanje s konstruktivistično metodo v primerjavi z uspešnostjo dijakov, ki so bili valovanje poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma potem, ko je od obravnave valovanja preteklo približno leto in pol.

7.2.2 MERSKE KARAKTERISTIKE

V okviru merskih karakteristik testov sta bili opredeljeni zanesljivost in diskriminativnost, lastnosti testnih nalog pa so bile opredeljene z diskriminativnostjo in težavnostjo. Analiza testnih nalog je navedena v poglavju 7.5.

Vse merske karakteristike so bile izračunane s programom SPSS.

1. ZANESLJIVOST TESTA

Za ugotavljanje zanesljivosti testa je bila uporabljena metoda analize notranje konsistentnosti testa z izračunom Cronbachovega koeficienta alfa (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003):

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i^2}{s_x^2} \right), \quad (3)$$

pri čemer je n število nalog na testu, s_x^2 varianca celotnega testa, torej varianca rezultatov (x) testirancev za celoten test, s_i^2 pa varianca i -te naloge, torej varianca rezultatov testirancev za i -to nalogo:

$$s_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N} = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N^2}, \quad (4)$$

pri tem je x število vseh pravilnih odgovorov posameznega testiranca, N pa število testirancev. Če rezultate nalog razdelimo na dve skupini, na popolnoma pravilne ter nepopolno pravilne in napačne, izračunamo varianco posamezne naloge po enačbi:

$$s_i^2 = p_i q_i, \quad (5)$$

pri čemer je p_i strukturni delež testirancev, ki so i -to nalogo pravilno rešili, za q_i pa vstavimo: $q_i = 1 - p_i$.

Če je vrednost Cronbachovega alfa večja od 0,60 je test dovolj zanesljiv.

2. TEŽAVNOST NALOG

Indeks težavnosti p je določen z enačbo (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003):

$$p = \frac{N_p}{N}, \quad (6)$$

pri čemer je N_p število testirancev, ki so nalogo pravilno rešili, N pa število vseh testirancev. Vrednost indeksa p je:

$$D = \begin{cases} 0, & \text{naloge ni rešil noben testiranec} \\ 1, & \text{nalogo so rešili vsi testiranci} \end{cases}$$

Optimalna težavnost nalog je od 0,4 do 0,6 (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003). Če je težavnost manjša od 0,25, je naloga pretežka, če je večja od 0,85 pa prelahka. Tako pretežke kot prelahke naloge glede na težavnost pa v testu lahko posredujejo druge informacije, na primer naloge, ki preverjajo osnovne standarde znanja morajo biti »prelahke«, saj predvidoma celotna populacija testirancev uspešno opravi razred. Naloge, ki učence uvrščajo med najspodobnejše z najbolj poglobljenim znanjem in kognitivnimi sposobnostmi, pa se nujno izkažejo za »pretežke«, vendar prav tako morajo biti v testih, ki preverjajo celotno paleto znanja.

3. DISKRIMINATIVNOST NALOG

Diskriminativnost posamezne naloge pove, kako posamezna naloga razlikuje boljše testirance od slabših. Za testiranje diskriminativnosti nalog je bil uporabljen pointbiseriialni koeficient. r_{pb} , ki ga izračunamo po enačbi (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003):

$$r_{pb} = \frac{(\bar{X}_p - \bar{X})}{s_x} \sqrt{\frac{p_i}{q_i}}, \quad (7)$$

pri čemer je \bar{X}_p aritmetična sredina celotnih rezultatov testirancev, ki so nalogo pravilno rešili, \bar{X} je aritmetična sredina celotnih rezultatov vseh testirancev, s_x je standardni odklon celotnih rezultatov vseh testirancev, p_i je strukturni delež testirancev, ki so i -to nalogo rešili pravilno, za q_i pa vstavimo

$q_i = 1 - p_i$. Pomen velikosti indeksov diskriminativnosti kaže Tabela 7.2 (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003, Šteblaj 2004).

Tabela 7.2: Vrednost indeksa diskriminativnosti in ustrezna kategorija diskriminativnosti.

Indeks diskriminativnosti	Kategorija diskriminativnosti
Pod 0,20	neustrezna
+0,20 -0,29	slaba
+0,30-0,39	srednja
+0,40 in več	zelo dobra

$$r_{pb} = \begin{cases} -1, & \text{vsi slabi dijaki rešijo nalogo boljše kot dobri} \\ 0, & \text{slabi in dobri dijaki rešijo nalogo v podobnem deležu} \\ 1, & \text{vsi dobri dijaki rešijo nalogo v večjem deležu kot slabi} \end{cases}$$

7.3 POSTOPEK ZBIRANJA PODATKOV

Podatke, potrebne za evalvacijo učinkovitosti konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma sem pridobila tako, da so dijaki reševali teste: Referenčni test iz nihanja, Referenčni test iz valovanja, Preverjanje znanja iz nihanja, Preverjanje znanja iz valovanja, Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku in Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku. Vse omenjene teste so dijaki reševali med poukom, dijaki posamezne testne skupine so jih reševali istočasno. Pred reševanjem testov so dobile različne testne skupine le navodila, naj se pri reševanju nalog čim bolj potrudijo, drugih navodil niso dobili.

Referenčni test iz nihanja ter Referenčni test iz valovanja so skupine testirancev reševale dvakrat, enkrat pred začetkom obravnavanja vsebin iz nihanja oziroma valovanja, drugič pa po zaključku obravnavanja omenjenih vsebin.

Testa Preverjanje znanja iz nihanja ter Preverjanje znanja iz valovanja so testiranci reševali po obravnavi snovi, takoj zatem, ko so drugič reševali Referenčne teste.

Test Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku je reševala celotna populacija dijakov četrth letnikov na gimnaziji A. V to populacijo sodijo dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja v drugem letniku poučevani s konstruktivistično metodo kot tisti, ki so bili te vsebine poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Pri testiranju so sodelovali tako dijaki, ki so izbrali fiziko kot maturitetni predmet, kot tudi tisti, ki so s fiziko zaključili v tretjem letniku. Vendar je bilo testiranje izvedeno na začetku šolskega leta, tako da ni bilo pomembno ali se dijaki pripravljajo na maturo iz fizike ali ne.

7.4 SPREMENLJIVKE

Neodvisna spremenljivka je bila metoda poučevanja, odvisna pa skupni rezultat znanja izražen v točkah ter posamezne testne naloge.

7.5 STATISTIČNA ANALIZA

Statistična primerjava rezultatov kontrolne in eksperimentalne skupine je bila narejena z dvema testoma, z normiranim prirastkom g in t -preizkusom. Merske karakteristike Referenčnega testa iz nihanja, Referenčnega testa iz

valovanja, Preverjanja znanja iz nihanja ter Preverjanja znanja iz valovanja so bile opredeljene z zanesljivostjo, težavnostjo in diskriminativnostjo.

V okviru statistične analize je bila s programom SPSS izračunana absolutna frekvenca, aritmetična sredina, standardna varianca, t -test, Leveneov test homogenosti varianc, F test homogenosti regresijskih koeficientov ter analiza kovariance.

7.5.1 NORMIRAN PRIRASTEK

Normiran prirastek ali g faktor se pogosto uporablja v pedagoških raziskavah v naravoslovju, ko primerjamo rezultate, ki so jih učenci dosegli pred učnim posegom, z rezultati po učnem posegu (Bao 2006, Coletta idr. 2005, Coletta idr. 2007, Hake 1998). S pomočjo normiranega prirastka g lahko spremljamo napredek posameznega dijaka ali povprečni napredek celotne testirane skupine. Ni nujno, da dijaki pred ter po učnem posegu rešujejo popolnoma identičen test. Pomembno je, da vprašanja testirajo doseganje istih ciljev, čeprav so lahko formulirana različno, a tedaj primerjava ni najbolj natančna. V izvedeni raziskavi o učinkovitosti konstruktivistična metode pri doseganju izbranih ciljev iz nihanja in valovanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma, so bili pred ter po učnem posegu uporabljeni identični testi: Referenčni test iz nihanja in Referenčni test iz valovanja. Analiza odgovorov je bila narejena tako, da sem za vsako testirano skupino izračunala normirani prirastek znanja ali g faktor, ter primerjala prirastka kontrolne in eksperimentalne skupine na vsaki gimnaziji posebej. Ta metoda je primerna tudi za raziskavo, pri kateri testirane skupine pred pedagoškim eksperimentom niso izenačene. Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi vsebin sem naredila tudi s t -preizkusom.

Normiran prirastek znanja g sem izračunala po enačbi (Bao 2006, Coletta idr. 2005, Coletta idr. 2007, Hake 1998):

$$g = \frac{Y - X}{1 - X}, \quad (1)$$

pri tem je Y delež pravih odgovorov po obravnavi snovi, X pa delež pravih odgovorov pred obravnavo snovi. Faktor g je normiran glede na količino znanja, ki ga lahko posamezna skupina dijakov doseže.

Če je vrednost faktorja g , torej normiranega prirastka:

$$g > 0,$$

pomeni, da je bil delež pravih odgovorov testirane skupine dijakov po obravnavi snovi večji od deleža pravih odgovorov iste skupine pred obravnavo snovi,

$$g = 0,$$

pomeni, da je testirana skupina dijakov po obravnavi snovi dosegla enak delež pravih odgovorov kot pred obravnavo snovi,

$$g < 0,$$

pomeni, da je testirana skupina dijakov po obravnavi snovi dosegla manjši delež pravih odgovorov kot pred obravnavo snovi,

$$g = 1,$$

pomeni, da so vsi dijaki po obravnavi snovi dosegli testirani cilj.

Čim večja je vrednost normiranega prirastka ali faktorja g , tem večji napredek je po obravnavi snovi dosegla testirana skupina dijakov.

Faktor g je normiran na največji možni prirastek znanja, ki ga lahko doseže testirana skupina dijakov. Če je bil delež pravih odgovorov na izbrano vprašanje, ki ga je pri reševanju referenčnega testa dosegla testirana skupina dijakov na primer 60%, pomeni, da ta skupina lahko izboljša delež

pravih odgovorov za 40%. To pomeni, da je faktor g , izračunan za ta primer, enak 1 ko so vsi dijaki testirane skupine dosegli cilj oziroma pravilno odgovorili na vse testne naloge. Enako vrednost g faktorja, torej 1, doseže tudi skupina dijakov, ki je pred testom dosegla delež pravih odgovorov 90%, po obravnavi snovi pa se je delež pravih odgovorov te skupine povečal za 10%. Torej so vsi testirani dijaki dosegli cilj, ki ga je vprašanje preverjalo.

Rezultati normiranega prirastka so podani ob vprašanjih v poglavju 7.6.

7.5.2 t -PREIZKUS

t -preizkus preverja domneve o razliki med povprečjema dveh neodvisnih vzorcev. Pri tem postavimo ničelno hipotezo, da oba vzorca izhajata iz iste populacije ter da ni razlike med povprečjema preverjenih vzorcev (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003). Za preverjanje enakosti varianc je bil uporabljen Leveneov test. Če Leveneov test pokaže, da se varianci ne razlikujeta statistično pomembno, uporabimo t -preizkus s skupno standardno deviacijo, sicer pa uporabimo standardne deviacije vsakega vzorca posebej. Vrednosti t -preizkusa so bile izračunane z uporabo programa SPSS.

V raziskavi je bil t -preizkus uporabljen za primerjavo rezultatov kontrolnih in eksperimentalnih skupin dijakov. t -vrednost izračunamo po enačbi (Bucik 1997, Sagadin 1993, Sagadin 2003):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S^2_{\bar{x}_1} + S^2_{\bar{x}_2}}}, \quad (2)$$

pri čemer je \bar{x}_1 povprečen rezultat prve, \bar{x}_2 pa druge testirane skupine dijakov, $S^2_{\bar{x}_1}$ in $S^2_{\bar{x}_2}$ pa standardni napaki ocene aritmetične sredine dosežkov obeh testiranih skupin. t -vrednost pove, ali ničelno hipotezo, da razlika med rezultati eksperimentalne in kontrolne skupine ni statistično

pomembna, potrdimo ali zavrnamo. Ničelno hipotezo pri dvostranskem preizkusu zavrnamo, če je:

$$|t| > t_{p=\alpha; df=n_1+n_2-2},$$

pri čemer je $t_{p=\alpha; df=n_1+n_2-2}$ kritična vrednost t porazdelitve pri $df=n_1+n_2-2$ stopnjah prostosti in stopnji tveganja α .

t -vrednosti so bile izračunane s programom SPSS.

7.5.3 LEVENEOV F-TEST

Za preizkušanje predpostavke o homogenosti varianc je bil uporabljen Leveneov F -test. Vrednost F izračunamo po enačbi (Sagadin 2003):

$$F = \frac{n_1(\bar{o}_1 - \bar{o})^2 + n_2(\bar{o}_2 - \bar{o})^2}{\sum o_{i1}^2 - n_1\bar{o}_1^2 + \sum o_{i2}^2 - n_2\bar{o}_2^2} (n_1 + n_2 - 2), \quad (3)$$

pri čemer so \bar{o}_1 , \bar{o}_2 in \bar{o} aritmetične sredine:

$$\bar{o}_1 = \frac{\sum o_{i1}}{n_1},$$

$$\bar{o}_2 = \frac{\sum o_{i2}}{n_2} \quad \text{in}$$

$$\bar{o} = \frac{\sum o_{i1} + \sum o_{i2}}{n_1 + n_2}.$$

Predpostavka o homogenosti populacijskih varianc je upravičena, če je izračunana vrednost F manjša od kritične vrednosti za raven statistične značilnosti $\alpha=P=0,05$. Torej, če je izračunana vrednost

$$F < F(P = 0,05; g_1 = 1, g_2 = n_1 + n_2 - 2),$$

je predpostavka upravičena, če je

$$F \geq F(P = 0,05; g_1 = 1, g_2 = n_1 + n_2 - 2),$$

predpostavka ni upravičena. V oklepajih sta g_1 in g_2 števili prostostnih stopenj.

7.5.4 ANALIZA KOVARIANCE

Analizo kovariance uporabljamo, če ugotovimo, da so razlike med obravnavanimi testnimi skupinami posledica vpliva nazaželenih dejavnikov, ne pa vpliva dejavnikov, ki jih preučujemo (Sagadin 2003). Lahko se zgodi, da razlike v dosežkih dveh različnih obravnavanih skupin niso le posledica npr. različnih metod poučevanja, ampak tudi različnega začetnega predznanja skupin. Spremenljivke, katerih vpliv želimo v raziskavi izločiti, imenujemo kovariate.

7.6 REZULTATI

7.6.1 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ NIHANJA

Merske karakteristike kažejo, da je Referenčni test iz nihanja dovolj zanesljiv, saj je Cronbachov alfa za celoten test 0,63. Prvo in drugo vprašanje imata visok indeks težavnosti (Tabela 7.4). Ti dve vprašanji sta na nizkem taksonomskem nivoju, saj preverjata ali imajo dijaki izkušnje z guganjem na gugalnici. Kot je bilo pričakovano, so dijaki na ti dve vprašanji dobro odgovarjali, kar kaže, da imajo veliko izkušenj s tem gibanjem. Seveda pa sta nalogi zato imeli nizko diskriminativnost.

Za ugotavljanje ali sta eksperimentalna in kontrolna skupina dijakov na gimnazijah A, B ter C pred obravnavo vsebin iz nihanja izenačeni, je bil uporabljen dvostranski t -preizkus (Tabela 7.4).

Tabela 7.3: Indeksi težavosti ter indeksi diskriminativnosti za naloge Referenčnega testa iz nihanja.

naloga	1	2	3	4	5	6
indeks težavosti	0,94	0,98	0,68	0,47	0,63	0,55
Indeksi diskriminativnosti	0,10	0,16	0,43	0,44	0,58	0,46

Tabela 7.4: t -vrednost in F vrednost za preverjanje izenačenosti eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov pred obravnavo nihanja na gimnazijah A, B in C ter skupno na vseh treh gimnazijah. Celoten test je bil ovrednoten z 12 točkami.

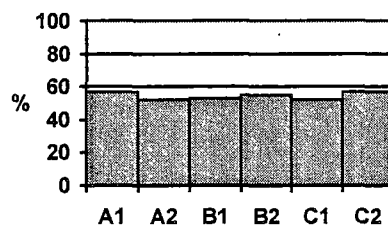
	F	P	t	2P	M1	M2	N ₁	N ₂
Gimnazija A	0,92	0,35	-1,00	0,32	6,59	7,25	16	17
Gimnazija B	2,47	0,13	2,45	0,02	5,00	4,05	13	21
Gimnazija C	0,81	0,78	-0,11	0,91	6,85	6,93	13	14
skupno	0,02	0,89	8,64	0,00	6,19	9,19	42	52

t -vrednost kaže, da je razlika med kontrolno in eksperimentalno skupino dijakov statistično nepomembna na gimnazijah A in C, na gimnaziji B pa obstaja statistično pomembna razlika med kontrolno in eksperimentalno skupino že pred obravnavo nihanja. Razlike so verjetno posledica pouka v prvem letniku, zato je bila kasnejša analiza narejena ob upoštevanju te razlike. V nadaljevanju je kvalitativna analiza narejena za vsako gimnazijo posebej.

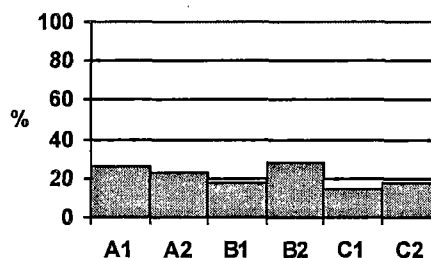
Referenčni test iz nihanja je v raziskavi odigral dvojno vlogo: uporabljen je bil za ugotavljanje predznanja, predstav in izkušenj dijakov v zvezi z nihanjem, kar je bilo predstavljeno v 6. poglavju ter za ugotavljanje napredka posamezne testirane skupine dijakov.

Referenčni test iz nihanja je pred obravnavo snovi reševalo 16 dijakov skupine A1, 17 dijakov skupine A2, 13 dijakov skupine B1, 21 dijakov skupine B2, 13 dijakov skupine C1 ter 14 dijakov skupine C2.

Analiza odgovorov na vprašanje o vzrokih za začetek guganja kaže (Slika 7.1), da imajo dijaki vseh testiranih skupin pred obravnavo snovi približno enako izkušnje s tem, kaj moramo narediti, da se bomo na gugalnici začeli gugati.



Slika 7.1: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje o vzrokih za začetek guganja na gugalnici.

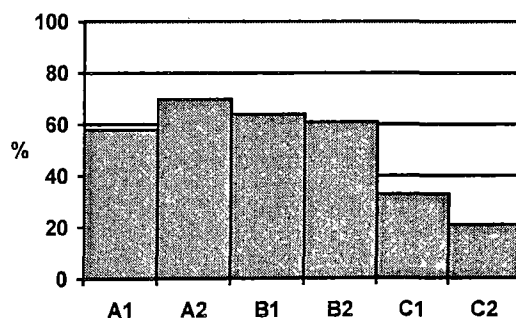


Slika 7.2: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje, ki preverja poznavanje vsiljenega nihanja.

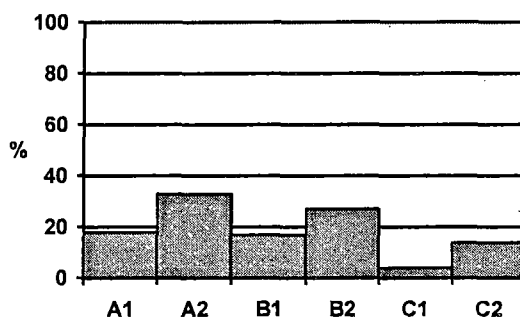
Analiza odgovorov na vprašanje, ki preverja poznavanje vsiljenega nihanja kaže (Slika 7.2), da je eksperimentalna skupina na gimnaziji A nekoliko

uspešnejša kot kontrolna skupina. Razlike med obema testiranima skupinama so največje na gimnaziji B, kjer je kontrolna skupina dosegla za 10% večji delež pravih odgovorov kot eksperimentalna skupina, na gimnaziji C pa je kontrolna skupina rahlo uspešnejša od eksperimentalne. Razlike med dosežki posameznih skupin so predvsem posledica natančnosti opisovanja, kar je posledica predhodnega izobraževanja.

Analiza odgovorov na vprašanje o časovnem spreminjanju hitrosti med guganjem kaže (Slika 7.3), da so dijaki na gimnaziji A pred obravnavo snovi dosegli nekoliko boljše rezultate kot dijaki kontrolne skupine, na gimnaziji B so bili rahlo uspešnejši dijaki eksperimentalne skupine, na gimnaziji C pa so pred obravnavo snovi dosegli dijaki eksperimentalne skupine za 12% večji delež pravih odgovorov kot dijaki kontrolne skupine. Odgovori kažejo na razlike v predznanju dijakov na gimnazijah A, B in C, pa tudi na posamezni gimnaziji se predznanje eksperimentalne in kontrolne skupine nekoliko razlikuje, kar je posledica predhodnega izobraževanja. Predhodno izobraževanje pa je tesno povezano s poučevanjem posameznega učitelja. Posamezni učitelji dajejo različen poudarek usvajanju različnih ciljev iz učnega načrta. Od tega pa je odvisno, v kolikšni meri bodo dijaki usvojili določene cilje in posledično kako uspešno bodo predhodno usvojeno znanje uporabili v novi situaciji.

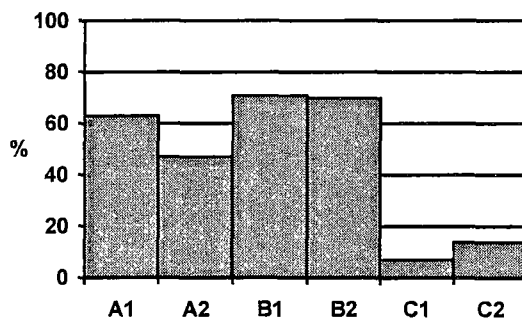


Slika 7.3: Delež pravih odgovorov o časovnem spreminjanju hitrosti med guganjem na gugalnici.



Slika 7.4: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje, ki je zahtevalo prenos znanja, ki so ga dijaki usvojili pri mehaniki v obravnavo nihanja.

Analiza odgovorov na vprašanje, ki je preverjalo, kako uporabijo dijaki znanje o silah, ki so ga pridobili pri mehaniki v prvem letniku sedaj v novi situaciji – nihanju, kaže (Slika 7.4), da dosegajo posamezne skupine dijakov zelo različne rezultate. To je pričakovano, saj so razlike predvsem posledica tega, koliko so dijaki usvojili vsebine iz sil v prvem letniku. Rezultati kažejo večjo uspešnost dijakov kontrolnih skupin na vseh teh gimnazijah. Pri odgovorih na to vprašanje so bile kontrolne skupine dijakov na vsaki gimnaziji uspešnejše kot kontrolne skupine.



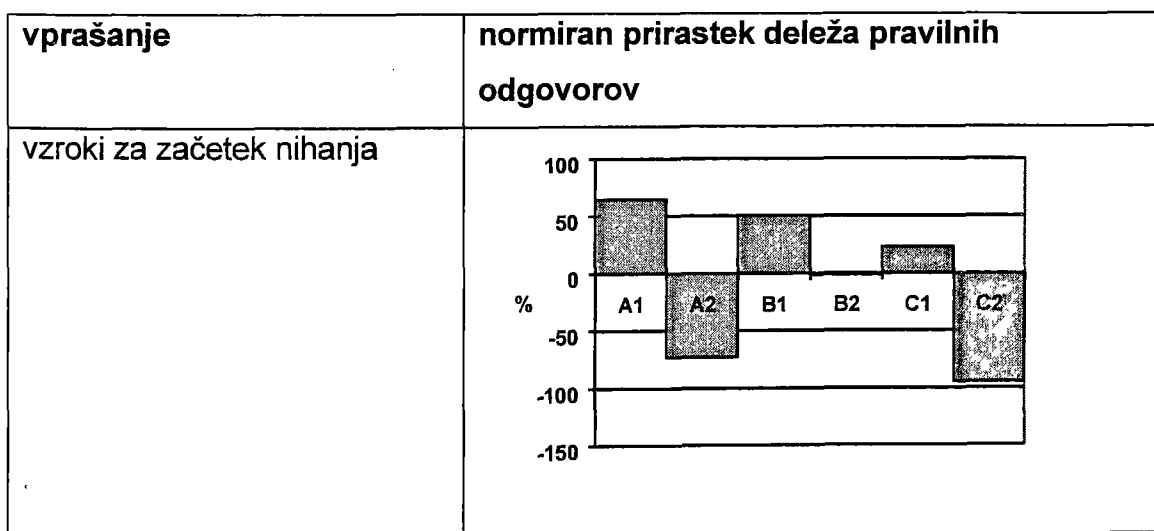
Slika 7.5: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje, ki preverja, kako dijaki uporabijo znanje, ki so ga pridobili pri energiji v obravnavo nihanja.

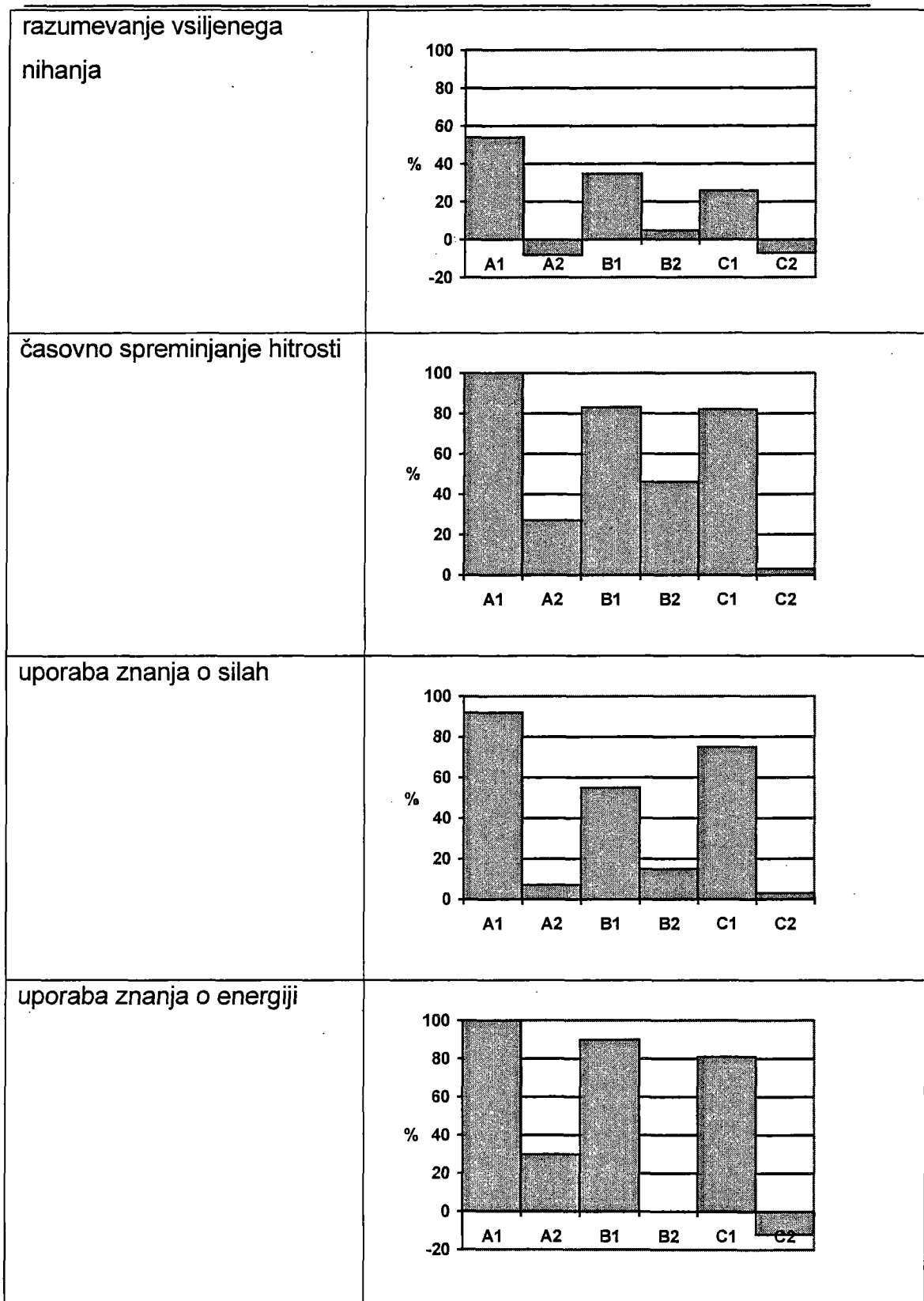
Analiza odgovorov na vprašanje, ki preverja, kako uporabijo dijaki znanje o energiji, ki so ga usvojili pri mehaniki, sedaj pri nihanju, kaže (Slika 7.5), da so najuspešnejše prenesli znanje o energiji iz mehanike v nihanje dijaki na gimnaziji B. Obe skupini, kontrolna in eksperimentalna sta pri tem približno

enako uspešni. Na gimnaziji A je bila pri prenosu znanja o energiji iz mehanike v nihanje uspešnejša eksperimentalna, na gimnaziji C pa kontrolna skupina.

Analiza odgovorov na vprašanje v Referenčnem testu iz nihanja kaže, da dijaki na različnih gimnazijah vstopajo v učni proces z nekoliko različnim predznanjem, predstavami in izkušnjami, tudi dosežki eksperimentalne in kontrolne skupine se na posamezni šoli med seboj nekoliko razlikujejo. Zato je v nadaljevanju spremljan napredek znanja za vsako posamezno skupino dijakov posebej (Slika 7.6).

Normirani prirastki znanja kažejo očitni napredek v znanju dijakov, ki so bili vsebine iz nihanja poučevani s konstruktivistično metodo v primerjavi z napredkom znanja dijakov, ki so bili poučevani iste vsebine s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Rezultati kažejo celo, da so se pri vprašanjih, ki zahtevajo natančnost opisa, dijaki kontrolnih skupin po obravnavi snovi izkazali slabše kot pred obravnavo snovi.





Slika 7.6: Normiran prirastek deleža pravilnih odgovorov dijakov na vprašanja Referenčnega testa iz nihanja, ki so ga dijaki ponovno reševali po obravnavi nihanja glede na rezultate pred obravnavo snovi.

Vendar to ne pomeni, da znajo dijaki, poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma po učnem posegu manj kot pred njim. Pri poučevanju s konstruktivistično metodo dijaki eksperimente in njihove izide najprej opišejo sami. Ob tem jih učitelj vodi, da so pri opisovanju natančni in se izražajo nedvoumno. Takih izkušenj pa dijaki, poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma običajno nimajo.

Primerjava dosežkov kontrolnih in eksperimentalnih skupin na vprašanja Referenčnega testa iz nihanja po obravnavi snovi z enostranskim t -preizkusom kaže, da so dosegli dijaki eksperimentalnih skupin na posameznih gimnazijah večji napredek kot dijaki kontrolnih skupin (Tabela 7.5).

Tabela 7.5: t -vrednosti in F vrednosti za preverjanje napredka kontrolnih in eksperimentalnih skupin dijakov po posameznih gimnazijah pri odgovorih na vprašanja Referenčnega testa iz nihanja.

	F	P	t	P	M1	M2	N ₁	N ₂
Gim. A	1,18	0,29	4,78	0,00	9,88	7,19	17	16
Gim. B	0,85	0,36	7,46	0,00	7,69	3,71	13	21
Gim. C	7,54	0,01	4,92	0,00	9,77	7,14	13	14

Tabela 7.6: F in P vrednosti za homogenost varianc ter F in P vrednosti za homogenost regresijskih koeficientov eksperimentalnih in kontrolnih skupin Referenčnega testa iz nihanja za vse gimnazije skupaj. $M1$ je povprečni rezultat eksperimentalne, $M2$ pa povprečen rezultat kontrolne skupine dijakov. $N1$ je število testirancev kontrolne, $N2$ pa število testirancev eksperimentalne skupine.

M 1	M 2	F (var.)	P (var.)	F (r. k.)	P (r. k.)	N 1	N 2
9,19	5,75	1,00	0,32	2,60	0,11	43	51

t -vrednosti kažejo, do se dosežki dijakov eksperimentalnih skupin na gimnaziji A statistično pomembno razlikujejo od dosežkov dijakov kontrolne skupin. Dosežki dijakov kontrolne in eksperimentalne skupine na gimnaziji B so se sicer že pred obravnavo snovi statistično pomembno razlikovali ($t=2,45$), vendar se je ta razlika po obravnavi snovi zelo povečala ($t=7,46$), zato sklepam, da tudi ta rezultat potrjuje učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz nihanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma v smislu razumevanja poučevanih vsebin iz nihanja. Zaradi različnosti rezultatov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov na gimnaziji C pred učnim posegom, je bila tu uporabljena metoda analize kovariance (Tabela 7.6).

Primerjava rezultatov kontrolne in eksperimentalne skupine dijakov kaže, da so razlike v dosežkih obeh skupin statistično pomembne (Tabela 7.7).

Tabela 7.7: F in P vrednosti primerjave dosežkov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov.

F	P
96,30	0,00

Narejena je bila tudi analiza kovariance za gimnazijo A, B ter C posebej. Tabela 7.8 kaže koeficiente F in P za homogenost varianc, ter koeficienta F in P za homogenost regresijskih koeficientov.

Analiza kovariance pokaže nehomogenost varianc na gimnaziji C, vendar je ta razlika opravičljiva (majhno število testirancev, pomik obeh porazdelitev v isto stran).

Primerjavo dosežkov eksperimentalnih in kontrolnih skupin dijakov po posameznih gimnazijah kaže Tabela 7.9.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 7.8: Koeficienti homogenosti varianc F (*var.*) in P (*var.*) za vsako gimnazijo posebej ter koeficienti F (*r.k.*) in P (*r.k.*) za testiranje homogenosti regresijskih koeficientov. $M1$ in $M2$ sta povprečna rezultata eksperimentalne ter kontrolne skupine. $N1$ in $N2$ pa število testirancev eksperimentalne ter kontrolne skupine dijakov. V zadnji vrstici so še podatki za vse testirance vseh treh šol skupaj.

	M 1	M 2	F (<i>var.</i>)	P (<i>var.</i>)	F (<i>r. k.</i>)	P (<i>r. k.</i>)	N 1	N 2
A	9,88	7,19	0,10	0,75	0,95	0,34	17	16
B	7,69	3,71	0,16	0,69	0,70	0,41	13	21
C	9,77	7,14	5,84	0,02	0,23	0,63	13	14
skupaj	9,19	5,75	1,00	0,32	2,60	0,11	43	51

Tabela 7.9: F in P vrednosti primerjave dosežkov eksperimentalnih in kontrolnih skupine dijakov po posameznih gimnazijah.

gimnazija	F	P
A	35,96	0,00
B	40,57	0,00
C	27,16	0,00

Analiza rezultatov kontrolnih in eksperimentalnih skupin dijakov Referenčnega testa iz nihanja je pokazala statistično pomembne razlike v prid eksperimentalni skupini.

Natančnejša analiza Referenčnega testa iz nihanja je v Dodatku D.

7.6.2 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA

Merske karakteristike testa Preverjanje znanja iz nihanja kažejo ustrezno zanesljivost (Cronbachov alfa je 0,80) ter diskriminativnost. Glede težavnosti izstopa 1b vprašanje, ki sprašuje po največji hitrosti pri nihanju. Vprašanje preverja poznavanje temeljnega cilja iz nihanja, zato je bilo upravičeno pričakovati, da bo na to vprašanje pravilno odgovorilo zelo veliko dijakov. Kot najtežje se je izkazalo 4a vprašanje, ki je na izjemno zahtevnem taksonomskem nivoju in je zato tudi delež pravilnih odgovorov pričakovano nizek (Tabela 7.10).

S testom Preverjanje znanja iz nihanja sem ugotavljala, v kolikšni meri so dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo uspešnejši od vrstnikov, ki so bili poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma pri usvajanju manj oziroma bolj taksonomsko zahtevnih ciljev. Rezultati testa Preverjanje znanja iz nihanja so pokazali tudi, ali je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri zmanjševanju težav z razumevanjem konceptov iz nihanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

Tabela 7.10: Indeksi težavnosti in indeksi diskriminativnosti testa Preverjanje znanja iz nihanja.

Nal.	1a	1b	1c	2a	2b	3	4a	4b	5	6a	6b
i.t.	0,82	0,91	0,45	0,52	0,58	0,32	0,19	0,30	0,48	0,35	0,25
i.d.	0,34	0,34	0,51	0,75	0,76	0,70	0,66	0,67	0,70	0,33	0,54

Naloge v testu Preverjanje znanja iz nihanja so taksonomsko stopnjevane od taksonomsko enostavnih nalog, ki preverjajo poznavanje in razumevanje opisa nihanja na osnovnem nivoju (naloge 1b), do taksonomsko zelo

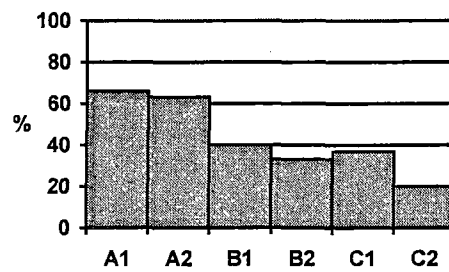
zahtevne naloge, ki je povezana z grafičnim opisom nihanja (naloga 4a). V testu sta tudi vprašanji, ki preverjata v kolikšni meri so dijaki usvojili, da nihajni čas matematičnega nihala ni bistveno odvisen od začetnega odmika ter mase uteži.

Doseganje ciljev, ki sem jih preverjala s testom Preverjanje znanja iz nihanja ni neposredno povezano s predznanjem, ki so ga dijaki usvojili pri fiziki v prvem letniku, ampak je povezano predvsem z obravnavo vsebin iz nihanja. V kvalitativni analizi odgovorov sem primerjala deleže pravilnih odgovorov dijakov kontrolne in eksperimentalne skupine dijakov na vsaki gimnaziji posebej. Primerjava rezultatov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov je bila narejena tudi s t -preizkusom, kaže večjo uspešnost dijakov eksperimentalne skupine (t -vrednost je 8,63).

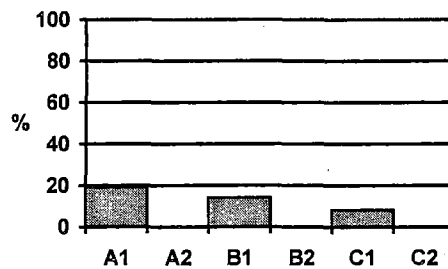
t -vrednosti posamezne naloge kažejo, da razlike med dosežki dijakov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov niso statistično pomembne le pri odgovorih na vprašanje 1a, ki sprašuje po amplitudi nihanja. To vprašanje je na taksonomsko najnižji ravni – poznavanju. Pri ostalih nalogah pa se dosežki dijakov eksperimentalne ter kontrolne skupine po obravnavi snovi statistično pomembno razlikujejo. Dosežki eksperimentalne skupine so boljši kot dosežki kontrolne skupine dijakov.

Analiza odgovorov na taksonomsko manj zahtevno vprašanje, ki je preverjalo poznavanje, v kateri legi nihala je pospešek največji, kaže, da so dosegli boljše rezultate dijaki eksperimentalnih skupin kot dijaki kontrolnih skupin na vseh treh gimnazijah (Slika 7.7). Razlike so na gimnazijah A in B manjše, na gimnaziji C pa nekoliko večje. Analiza kaže, da je temeljne cilje iz nihanja na nižjih taksonomskih nivojih mogoče enako učinkovito doseči tudi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

Analiza odgovorov na taksonomsko zelo zahtevno vprašanje v zvezi z grafičnim opisom nihanja kaže, da so bili na vseh treh gimnazijah uspešnejši dijaki eksperimentalnih skupin (Slika 7.8). Nobeden od dijakov kontrolnih skupin na vseh treh gimnazijah na to vprašanje ni znal pravilno odgovoriti.



Slika 7.7: Delež pravih odgovorov dijakov na taksonomsko manj zahtevno vprašanje, ki je zahtevalo poznavanje, v kateri legi je pospešek nihala največji.

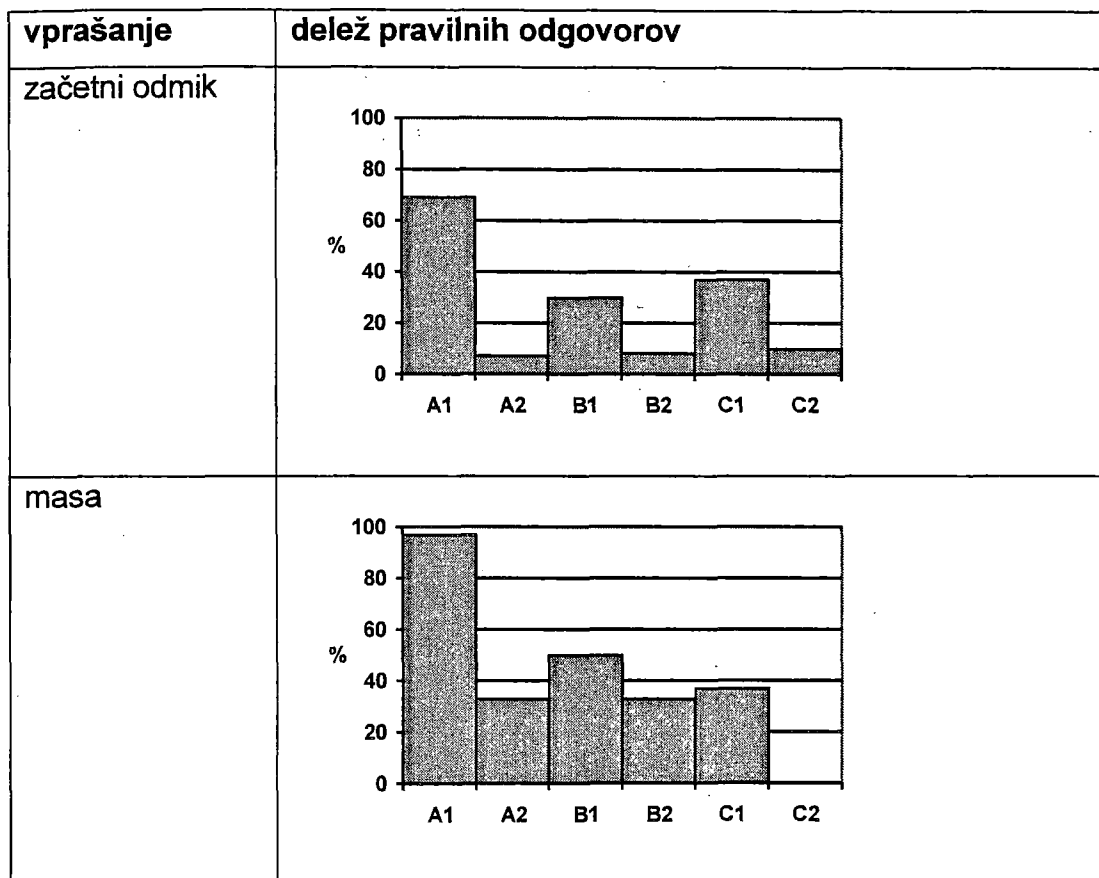


Slika 7.8: Delež pravih odgovorov dijakov na taksonomsko zahtevno vprašanje v zvezi z grafičnim opisom nihanja.

Analiza odgovorov na vprašanji, ki sta preverjali ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri preseganju napačnega razumevanja, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od začetnega odmika ter od mase uteži kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma (Slika 7.9), kaže večjo učinkovitost konstruktivistične metode, saj so na vseh treh gimnazijah dosegli dijaki kontrolnih skupin boljše rezultate kot vrstniki v kontrolnih skupinah. Prav ti vprašanji preverjata ukoreninjene napačne predstave dijakov, ki ostajajo tudi po učnem procesu izredno trdovratne (Gardner 19993), kar kaže, da konstruktivistična metoda omogoča odpravljanje ali vsaj zmanjševanje deleža teh napačnih predstav.

Rezultati testa Preverjanje znanja iz nihanja kažejo, da je konstruktivistična metoda učinkovitejša od tradicionalne metode z elementi konstruktivizma pri doseganju tako manj kot bolj taksonomsko zahtevnih ciljev. Uspešnejša je

tudi pri zmanjševanju težav z razumevanjem odvisnosti nihajnega časa nitnega nihala od začetnega odmika ter od mase.



Slika 7.9: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanji o odvisnosti nihajnega časa nitnega nihala od začetnega odmika ter od mase uteži.

Natančnejša analiza testa Preverjanje znanja iz nihanja je v Dodatku D.

7.6.3 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU

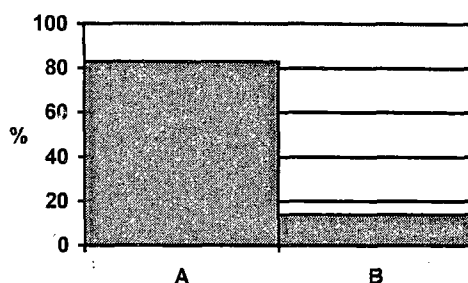
Namen testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku, ki je bil opravljen na gimnaziji A, je bil primerjati znanje o nihanju dijakov, ki so bili vsebine iz nihanja poučevani s konstruktivistično metodo z znanjem dijakov,

ki so bili nihanje poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma potem, ko je preteklo leto in pol po obravnavi vsebin. Ker so dijaki, ki so bili poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma dosegli že takoj po obravnavi snovi slabše rezultate kot dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo, je utemeljeno pričakovati tudi po letu in pol po obravnavi snovi boljše rezultate dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo. Rezultati testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku so pokazali ali daje konstruktivistična metoda tudi dolgoročno boljše rezultate pri doseganju ciljev iz nihanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

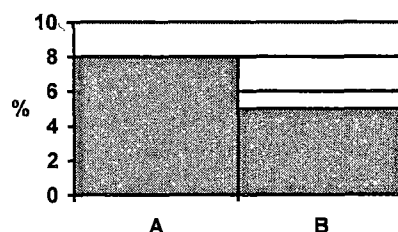
Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku so taksonomsko različno zahtevna, od poznavanja opisa nihanja do taksonomsko zahtevnejšega vprašanja, ki preverja razumevanje časovnega spreminjanja energije pri konkretnem nihalu in grafični zapis tega spreminjanja. Test vsebuje tudi vprašanje, ki preverja, v kolikšni meri po letu in pol po obravnavi snovi dijaki še vedo, od katerih količin je pomembno odvisen nihajni čas nitnega nihala.

V raziskavi je sodelovalo 157 dijakov četrth letnikov gimnazije A, od tega je bilo 59 dijakov vsebine iz nihanja poučevanih s konstruktivistično metodo, 93 dijakov pa s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Testirani dijaki sestavljajo celotno populacijo dijakov v četrtem letniku, torej tiste, ki se pripravljajo na maturo iz fizike kot tudi tiste, ki v četrtem letniku nimajo več fizike. Test je bil izveden na začetku šolskega leta, tako, da dijaki, ki se pripravljajo na maturo iz fizike v četrtem letniku še niso imeli dodatnih ur pouka fizike.

Analiza odgovorov je bila narejena tako, da sem primerjala delež pravih odgovorov skupine, ki je bila vsebine iz nihanja poučevana s konstruktivistično metodo in je v nadaljevanju označena s črko A z deležem pravih odgovorov skupine, ki je bila vsebine iz nihanja poučevana s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma in je označena z B.



Slika 7.10: Delež pravih odgovorov skupin A in B na vprašanje o opisu periode nihanja.

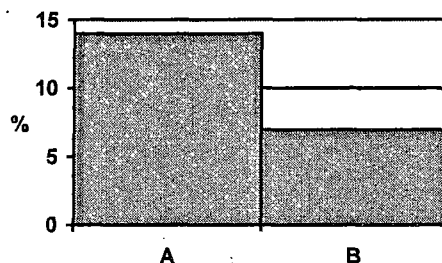


Slika 7.11: Delež pravih odgovorov o grafičnem prikazu časovnega spreminjanja določene energije pri danem nihalu.

Analiza odgovorov na taksonomsko enostavnejše vprašanje, ki je zahtevalo opis periode nihanja (Slika 7.10) kaže boljše rezultate konstruktivistično poučevanih dijakov.

Analiza odgovorov na taksonomsko zahtevnejše vprašanje, ki je zahtevalo grafični prikaz spreminjanja določene energije pri izbranem nihalu, kaže tudi boljše rezultate konstruktivistično poučevanih dijakov (Slika 7.11).

Tudi rezultati odgovorov na vprašanje o odvisnosti nihajnega časa matematičnega nihala izkazujejo boljše rezultate konstruktivistično poučevanih dijakov (Slika 7.12).



Slika 7.12: Delež pravih odgovorov na vprašanja o odvisnosti nihajnega časa nitnega nihala.

Rezultati testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku kažejo, da so rezultati dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo boljši tudi z vidika trajnosti znanja tako pri odgovorih na taksonomsko enostavnejša kot taksonomsko zahtevnejša vprašanja ter tudi na vprašanja o osnovnih konceptih nihanja, ki so v tuji literaturi ter analizi maturitetnih nalog v Sloveniji omenjeni kot koncepti, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem.

Natančnejša analiza testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku je v Dodatku D.

7.6.4 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ VALOVANJA

Cronbachov alfa za test je 0,44, vendar je ta vrednost še sprejemljiva, če upoštevamo, da je bilo testiranih le 6 nalog. Vprašanja v Referenčnem testu iz valovanja imajo ustrezne indekse težavnosti in ustrezno razlikujejo boljše testirance od slabših (Tabela 7.11).

Tabela 7.11: Indeksi težavnosti indeksi diskriminativnosti Referenčnega testa iz valovanja.

naloga	1	2	3	4	5a	5b
Indeks težavnosti	0,67	0,55	0,42	0,21	0,21	0,38
Indeksi diskriminativnosti	0,30	0,53	0,31	0,26	0,46	0,62

Referenčni test iz valovanja je imel tako kot Referenčni test iz nihanja v raziskavi dvojno vlogo. Ugotavljanje predznanja, predstav in izkušenj je bilo predstavljeno v 6. poglavju. Vloga Referenčnega testa iz valovanja je bila tudi v merjenju normiranega prirastka znanja posamezne testirane skupine dijakov ter za izračun *t*-vrednosti. Dijaki so referenčni test iz valovanja reševali pred ter po obravnavi vsebin iz valovanja. Referenčni test iz valovanja je reševalo 23 dijakov skupine A1 in 30 dijakov skupine A2 ter 29 dijakov skupine B1 in 22 dijakov skupine B2. Referenčnega testa iz valovanja dijaki kontrolne skupine na gimnaziji B niso reševali.

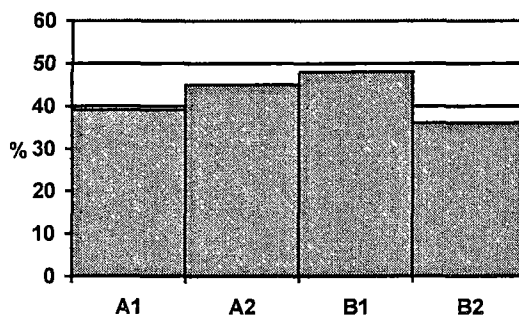
Analiza odgovorov je bila narejena tako, da sem primerjala normirane prirastke znanja dijakov eksperimentalne in konstruktivistične skupine na gimnaziji A ter *t*-vrednosti.

7.6.4.1 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ VALOVANJA PRED OBRAVNAVO SNOVI

Vprašanja v Referenčnem testu iz valovanja so preverjala poznavanje in razumevanje širjenja krožnega valovanja na vodni površini ter razumevanje koncepta širjenja valovanja ter seštevanja motenj. Vprašanja o poznavanju in razumevanju širjenja valovanja na vodni gladini so bila namenjena predvsem ugotavljanju predznanja, vprašanja o razumevanju konceptov širjenja valovanja in seštevanja motenj, ki sta v tuji literaturi in analizi

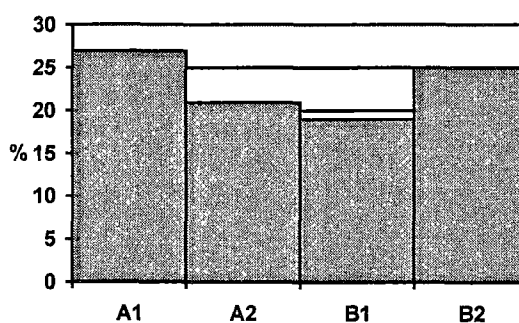
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

maturitetnih nalog v Sloveniji opredeljena kot koncepta, s katerima imajo dijaki težave z razumevanjem, pa je pokazala ali konstruktivistična metoda poučevanja vsebin iz valovanja učinkoviteje zmanjšuje težave z razumevanjem predstavljenih konceptov valovanja v primerjavi s tradicionalno metodo poučevanja, ki sicer vsebuje elemente konstruktivizma.



Slika 7.13: Delež pravih odgovorov na vprašanje, ki je preverjalo ali dijaki ločijo gibanje medija od širjenja valovanja.

Analiza odgovorov na vprašanje, ki je preverjalo, ali dijaki ločijo gibanje medija od širjenja valovanja pred obravnavo valovanja je pokazala (Slika 7.13), da so na gimnaziji A dosegli nekoliko boljše rezultate dijaki kontrolne skupine, na gimnaziji B pa dijaki eksperimentalne skupine.



Slika 7.14: Delež pravih odgovorov na vprašanje o razumevanju koncepta seštevanja motenj pred obravnavo valovanja.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi na vprašanje, ki je preverjalo razumevanje koncepta seštevanja motenj, je pokazala (Slika 7.14), da so bili na gimnaziji A uspešnejši dijaki eksperimentalne skupine, na gimnaziji B pa dijaki kontrolne skupine. Razlike so predvsem posledica predstav in izkušenj iz vsakdanjega življenja.

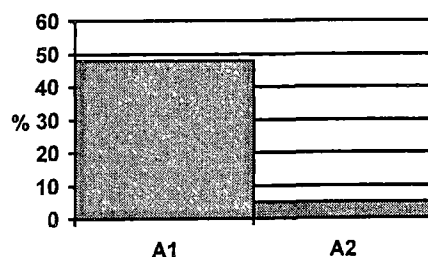
Analiza referenčnega testa iz valovanja tako na gimnaziji A kot na gimnaziji B ni pokazala statistično pomembnih razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino pred obravnavo vsebin iz valovanja (Tabela 7.12)

Tabela 7.12: *t*-vrednosti in *F*-vrednosti Referenčnega testa iz valovanja pred obravnavo snovi. Največje možno število točk v testu je 6.

	F	P	t	2P	M1	M2	N ₁	N ₂
Gimnazija A	0,79	0,38	-0,62	0,54	2,22	2,40	23	30
Gimnazija B	2,22	0,14	1,08	0,29	2,72	2,36	29	22

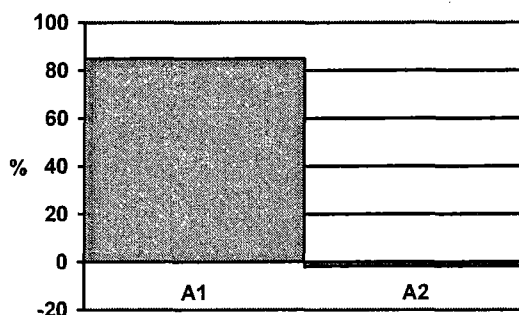
7.6.4.2 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA PO OBRAVNAVI SNOVI

Primerjava rezultatov referenčnega testa pred ter po učnem posegu je bila narejena z izračunom normiranega prirastka *g* ter *t*-vrednosti.



Slika 7.15: Normiran prirastek znanja na vprašanje o razumevanju koncepta širjenja valovanja.

Analiza normiranega prirastka znanja po obravnavanju valovanja na gimnaziji A (Slika 7.15) kaže, da so bili uspešnejši dijaki eksperimentalne skupine v primerjavi z dijaki kontrolne skupine pri odgovorih na vprašanje, ki je preverjalo ali dijaki ločijo med gibanjem medija od širjenja valovanja.



Slika 7.16: Normiran prirastek znanja pri odgovorih na vprašanje o razumevanju koncepta seštevanja motenj.

Analiza normiranega prirastka znanja po obravnavanju valovanja (Slika 7.16), kaže, da je bil normiran prirastek znanja eksperimentalne skupine na gimnaziji A večji kot normiran prirastek znanja kontrolne skupine. Dijaki kontrolne skupine so dosegli po obravnavi snovi celo malenkost manjši delež pravih odgovorov kot pred obravnavo valovanja, kar je predvsem posledica zelo površnih odgovorov.

Tudi primerjava dosežkov dijakov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov s t -preizkusom je pokazala, da so dijaki eksperimentalne skupine dosegli statistično pomembno boljše rezultate kot dijaki kontrolne skupine pri Referenčnem testu iz valovanja po obravnavi snovi (t -vrednost je 4,62).

Natančnejša analiza Referenčnega testa iz valovanja je v Dodatku F.

7.6.5 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ VALOVANJA

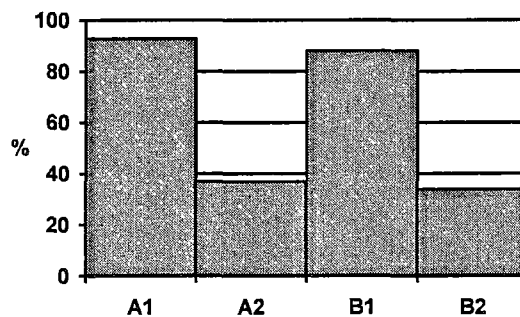
Merske karakteristike testa Preverjanje znanja iz valovanja kažejo, da je zanesljivost testa ustrezna (Cronbachov alfa je 0,75), imajo ustrezno stopnjo težavnosti ter ustrezno diskriminativnost (Tabela 7.13).

Tabela 7.13: Indeksi težavnosti ter indeksi diskriminativnosti testnih nalog testa Preverjanje znanja iz valovanja.

naloga	1	2	3a	3b	3c	4
indeks težavnosti	0,68	0,80	0,51	0,59	0,45	0,28
Indeksi diskriminativnosti	0,56	0,52	0,72	0,63	0,69	0,90

Namen testa Preverjanje znanja iz valovanja je bil ugotoviti, ali je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri usvajanju različno taksonomsko zahtevnih ciljev iz valovanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma. Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja so bila taksonomsko različno zahtevna, od vprašanja, ki je preverjalo poznavanje in razumevanje trenutne slike valovanja, do taksonomsko nekoliko zahtevnejšega vprašanja o lomni valovanja. Test je vseboval tudi vprašanje, ki je preverjalo razumevanje koncepta širjenja valovanja na vzmeti. Vprašanja v testu so sestavljena tako, da so pravilni odgovori nanje odvisni pretežno od usvojenih vsebin iz valovanja in ne od predznanja, predstav in izkušenj. Test je sestavil učitelj, ki je poučeval skupino A2. Pred testiranjem sta vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja poznala učitelja, ki sta poučevala skupini A1 in A2, učitelja, ki sta poučevala skupini B1 in B2, pa ne.

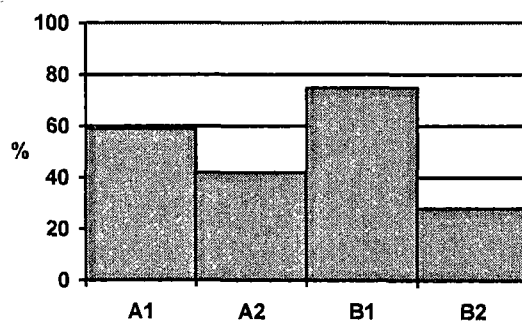
Test Preverjanje znanja iz valovanja je reševalo 29 dijakov skupine A1 in 20 dijakov skupine A2 ter 32 dijakov skupine B1 in 29 dijakov skupine B2. Kvalitativna analiza odgovorov je bila narejena tako, da sem primerjala delež pravih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov na vsaki gimnaziji posebej. Primerjava rezultatov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov je bila narejena tudi s *t*-testom.



Slika 7.17: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje o poznavanju in razumevanju trenutne slike valovanja.

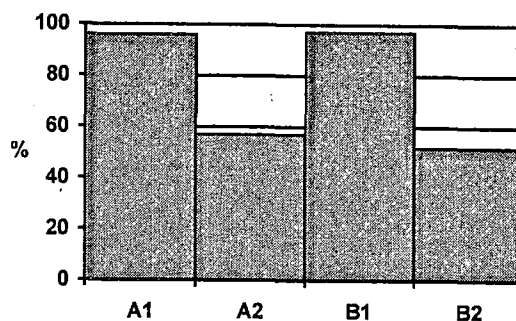
Analiza odgovorov na taksonomsko enostavnejše vprašanje o poznavanju in razumevanju trenutne slike valovanja je pokazala (Slika 7.17), da so dosegli dijaki eksperimentalnih skupin na obeh gimnazijah boljše rezultate kot dijaki kontrolnih skupin.

Analiza odgovorov na taksonomsko zahtevnejše vprašanje o lomu valovanja je pokazala (Slika 7.18), da so dosegli dijaki eksperimentalnih skupin na obeh gimnazijah boljše rezultate kot dijaki kontrolnih skupin.



Slika 7.18: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje o lomu valovanja.

Analiza odgovorov na vprašanje o razumevanju koncepta širjenja valovanja na vzmeti je pokazala (Slika 7.19), da so bili na obeh gimnazijah uspešnejši dijaki eksperimentalnih skupin kot dijaki kontrolnih skupin.



Slika 7.19: Delež pravih odgovorov na vprašanje o širjenju valovanja na vzmeti.

Analiza odgovorov na vprašanja testa Preverjanje znanja iz valovanja je pokazala, da je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri doseganju tako nižjih kot višjih taksonomskih ciljev iz valovanja ter tudi pri zmanjševanju težav z usvajanjem osnovnih konceptov iz valovanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma. Razlike med dosežki dijakov eksperimentalne in kontrolne skupine so večji pri doseganju zahtevnejših taksonomskih ciljev.

Rezultati *t*-preizkusa kažejo (Tabela 7.14), da so razlike med dosežki dijakov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov pri odgovorih na vprašanja Referenčnega testa iz valovanja po obravnavi snovi statistično pomembne (*t*-vrednost je 4,62).

Tabela 7.14: *t*-vrednosti in *F*-vrednosti Referenčnega testa iz valovanja po obravnavi snovi.

F	P	t	P
0,026	0,874	4,62	0,00

Natančnejša analiza testa Preverjanje znanja iz valovanja je v Dodatku F.

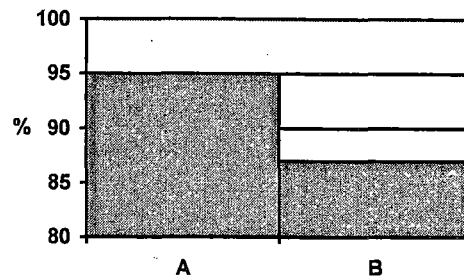
7.6.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU

Namen testa Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku, ki je bil opravljen na gimnaziji A, je bil primerjati znanje o valovanju dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo v primerjavi z znanjem dijakov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma potem, ko je od obravnave valovanja preteklo približno leto in pol. Testirana je bila celotna populacija dijakov četrtega letnika gimnazije A, torej tudi tistih, ki se pripravljajo na maturo iz fizike, vendar je bil test opravljen na začetku šolskega leta, tako da med dijaki, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in tistimi, ki so s fiziko zaključili v tretjem letniku, še ni bilo razlik.

Test je vseboval vprašanja različnih taksonomskih zahtevnosti, od poznavanja trenutne slike valovanja do taksonomsko zahtevnejšega vprašanja o vzrokih za interferenco. Test je vseboval tudi vprašanje, ki je preverjalo, v kolikšni meri dijaki ločijo med premikanjem medija in širjenjem valovanja.

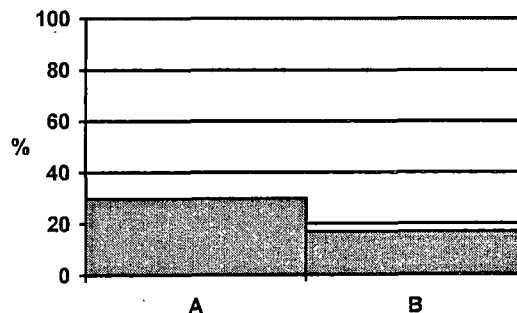
Analiza odgovorov je bila narejena tako, da sem primerjala delež pravih odgovorov dijakov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s konstruktivistično metodo (A) z deleži pravih odgovorov dijakov, ki so bili valovanje poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma (B). Testiranih je bilo 157 dijakov, od katerih je bilo 59 dijakov poučevanih valovanje s konstruktivistično metodo, 98 pa s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

Analiza odgovorov na taksonomsko enostavnejše vprašanje o poznavanju trenutne slike valovanja je pokazala (Slika 7.20), da so bili uspešnejši dijaki eksperimentalne skupine kot dijaki kontrolne skupine.



Slika 7.20: Delež pravih odgovorov na vprašanje o trenutni sliki valovanja.

Analiza odgovorov na taksonomsko zahtevnejše vprašanje o interferenci valovanja (Slika 7.21) kaže večjo uspešnost dijakov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s konstruktivistično metodo v primerjavi z dosežki dijakov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

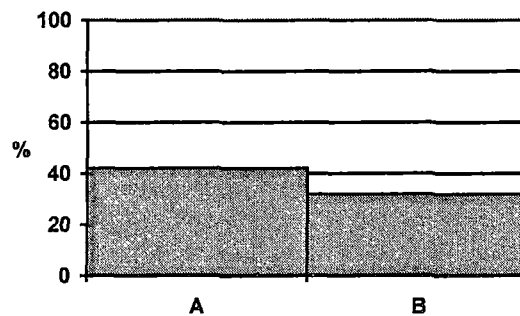


Slika 7.21: Delež pravih odgovorov dijakov na vprašanje o interferenci valovanja.

Analiza odgovorov na vprašanje o razumevanju koncepta širjenja valovanja je pokazala (Slika 7.22), da so bili nekoliko uspešnejši dijaki, ki so bili valovanje poučevani s konstruktivistično metodo.

Analiza testov, s katerimi sem preverjala ali je konstruktivistična metoda poučevanja valovanja učinkovitejša pri poučevanju vsebin iz valovanja od

tradicionalne metode poučevanja z elementi konstruktivizma je pokazala večjo uspešnost konstruktivistične metode tako pri doseganju taksonomsko enostavnejših kot tudi taksonomsko zahtevnejših ciljev iz valovanja, kot tudi pri zmanjševanju težav z razumevanjem osnovnih konceptov valovanja. Razlike v uspešnosti so večje pri taksonomsko zahtevnejših vprašanjih.



Slika 7.22: Delež pravih odgovorov na vprašanje o konceptu širjenja valovanja.

Natančnejša analiza testa Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku je v Dodatku F.

7.7 POVZETEK ANALIZE USPEŠNOSTI KONSTRUKTIVISTIČNE METODE

Raziskava uspešnosti doseganja nekaterih ciljev iz učnega načrta za gimnazije iz nihanja in valovanja je potekala na treh različnih gimnazijah v Sloveniji. Dijaki, ki so na posameznih gimnazijah sodelovali v pedagoškem eksperimentu, med seboj niso bili povsem enakovredni, saj je struktura vpisanih dijakov na te gimnazije različna po doseženem uspehu v osnovni šoli. Iz tega sklepam, da imajo dijaki na posameznih gimnazijah različno predznanje. Razlika med gimnazijami, ki so sodelovale v raziskavi je bilo tudi različno število ur pouka fizike v prvih teh letnikih. Na gimnazijah A in B imajo

dijaki v prvih treh letnikih po dve uri fizike na teden, na gimnaziji C imajo dijaki v prvem in tretjem letniku po dve uri fizike na teden, v drugem pa po tri. Zato je bila smiselna le analiza rezultatov, ki je primerjala dosežke dijakov eksperimentalnih in kontrolnih skupin dijakov na vsaki gimnaziji posebej. Eksperimentalna skupina dijakov je bila tista, ki je bila poučevana vsebine iz nihanja in valovanja s konstruktivistično metodo, kontrolna skupina pa je bila iste vsebine poučevana s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Ti elementi se kažejo predvsem v tem, da dijaki pri pouku odgovarjajo na vprašanja učitelja in tudi sami postavljajo vprašanja, če česa ne razumejo.

Raziskava uspešnosti konstruktivistične metode pri poučevanju vsebin iz nihanja in valovanja je bila izvedena s tremi različnimi testi:

1. Referenčni test iz nihanja ter Referenčni test iz valovanja,
2. Preverjanje znanja iz nihanja ter Preverjanje znanja iz valovanja,
3. Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku ter Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku.

Kvalitativna analiza rezultatov je bila narejena pri Referenčnem testu iz nihanja ter Referenčnem testu iz valovanja tako, da sem primerjala prirastek deleža pravilnih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov z normiranim prirastkom g ter t -testom za vsako gimnazijo posebej. Pri analizi odgovorov pri testih Preverjanje znanja iz nihanja ter Preverjanje znanja iz valovanja in Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku ter Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku pa sem primerjala delež pravilnih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine za vsako gimnazijo posebej.

Analiza rezultatov testov je tako za nihanje kot za valovanje pokazala, da dosegajo dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo v primerjavi z dijaki, ki so bili poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma statistično pomembno boljše rezultate tako pri doseganju taksonomsko manj zahtevnih kot tudi taksonomsko bolj zahtevnih ciljev iz nihanja in valovanja.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Konstruktivistična metoda je tudi uspešnejša od tradicionalne z elementi konstruktivizma pri zmanjševanju težav z razumevanjem osnovnih konceptov iz nihanja in valovanja.

8 ZAKLJUČEK

Dosedanje raziskave so pokazale (Wittmann 2002), da se pri vsebinah iz nihanja in valovanja pojavljajo naslednje napačne predstave:

- nihajni čas preprostega nitnega nihala je pomembno odvisen od mase uteži,
- nihajni čas nihala je pomembno odvisen od amplitude nihala,
- pri valovanju se iz kraja v kraj premikata snov in energija,
- deli valujočega sredstva se gibljejo v isti smeri kot se širi valovanje,
- hitrost širjenja valovanja je odvisna od amplitude ter valovne dolžine valovanja in
- potujoče motnje se ob srečanju odbijejo.

Nekatere napačne predstave so predvsem posledica nekritičnega prenosa konceptov, ki so jih dijaki usvojili pri opisu gibanja teles v razlago nihanja in valovanja. Anketa med učitelji fizike in dijaki različnih gimnazij v Sloveniji ter analiza maturitetnih nalog izbirnega tipa kažejo, da tradicionalni način pouka, ki sicer vsebuje elemente konstruktivizma, slabo zaznava napačne predstave in ne razvija zadovoljivo konceptov in predstav, ki so nujne za razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja. Zato je bilo potrebno razviti metodo, ki to omogoča.

Cilji naloge so bili:

- razvoj in uporaba metode, ki omogoča usvajanje pravilnih konceptov iz področja nihanja in valovanja učinkoviteje kot tradicionalna metoda, ki vsebuje elemente konstruktivizma,
- preliminarna raziskava učinkovitosti konstruktivistične metode v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne z elementi konstruktivizma pri

usvajanju ciljev iz nihanja in valovanja, ki so zapisani v učnem načrtu za gimnazije.

Razvoj metode, ki temelji na idejah konstruktivistov, je potekal sedem let. V tem obdobju je bil spremljan potek doseganja ciljev iz nihanja in valovanja, oblikovana in nadgrajevana so bila vprašanja, s katerimi ugotavljamo predznanje, izkušnje in predstave dijakov pred obravnavo snovi – referenčni test, kot tudi vprašanja, ki jih postavljamo dijakom med učnim procesom in postopoma vodijo do pravilnega usvajanja ciljev. V tem obdobju je potekal tudi razvoj in izboljševanje demonstracijskih eksperimentov in aktivnosti, ki jih dijaki opravljajo med poukom kot tudi naloge za utrjevanje znanja. Učne priprave za nihanje ter valovanje, ki so v poglavju Dodatek C ter Dodatek E, so rezultat večletnega razvoja metode, spremljanja odziva dijakov, nadgrajevanja in izboljševanja eksperimentov, vprašanj in nalog.

Učne priprave so napisane kot zaporedje učnih sekvenc, ki so oblikovane tako, da je posamezno sekvenco mogoče obravnavati v eni šolski uri. Posamezna učna sekvenca vsebuje:

- uvod: namenjen je motiviranju dijakov za obravnavo teme ter ugotavljanju predznanja, izkušenj in predstav dijakov;
- jedro: je osrednji del učne ure, pri katerem učitelj glede na ugotovljeno predznanje postavlja dijakom preiščljiva vprašanja in naloge, ki v skrbno načrtovanem zaporedju vodijo k usvajanju učnih ciljev. Dijaki so pri pouku aktivni, napovedujejo izide eksperimentov, svoje napovedi argumentirano zagovarjajo ter napovedi eksperimentalno preverijo. Dijaki na vprašanja in naloge odgovarjajo samostojno, v paru ali skupini. Učitelj definira nove količine ter naredi jasen povzetek;
- zaključek: namenjen je utrjevanju snovi ter preverjanju znanja in razumevanja.

Konstruktivistična metoda poučevanja nihanja in valovanja je bila uporabljena na treh različnih gimnazijah A, B in C, na katerih je bila izvedena

tudi preliminarna raziskava, ki je pokazala, v kolikšni meri je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri doseganju ciljev iz nihanja in valovanja, ki so zapisani v učnem načrtu ter koliko je učinkovita pri preseganju težav z razumevanje vsebin iz nihanja in valovanja v primerjavi s tradicionalno metodo poučevanja, ki vsebuje elemente konstruktivizma. V pedagoškem eksperimentu sta na gimnazijah A, B in C sodelovala po dva oddelka dijakov, od katerih je bil en poučevan s konstruktivistično metodo, to je eksperimentalni razred, drugi pa s tradicionalno metodo, ki vsebuje elemente konstruktivizma, to je kontrolni razred.

Raziskava uspešnosti konstruktivistične metode je vključevala tri vrste testov:

- Referenčni test iz nihanja in Referenčni test iz valovanja, ki so ga dijaki reševali pred ter po obravnavi snovi,
- test Preverjanje znanja po obravnavi nihanja ter test Preverjanje znanja po obravnavi valovanja,
- test Preverjanje znanja iz nihanja v IV. letniku ter test Preverjanje znanja iz valovanja v IV. letniku.

Analiza referenčnih testov tako iz valovanja kot iz nihanja je pokazala pomembnost ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj, saj dijaki nekatere pojme, ki so jih usvojili v mehaniki napačno prenesejo v nihanje in valovanje. Posledica tega je napačno konstruiranje konceptov nihanja in valovanja. Analiza referenčnih testov je pokazala, da dijaki pojave premalo natančno opisujejo. Z opisovanjem pojavov so dijaki tudi pokazali, katere pojme iz vsakdanjega življenja uporabljajo pri opisu nihanja in valovanja. Učitelj pri pouku te pojme poveže s fizikalnimi.

Primerjava rezultatov Referenčnega testa iz nihanja in Referenčnega testa iz valovanja kontrolnih in eksperimentalnih skupin dijakov na vseh treh gimnazijah je pokazala večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja pri preseganju težav z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi

konstruktivizma tako pri vprašanjih, ki so bila na nivoju poznavanja, in razumevanja, kot tudi pri odgovorih na taksonomsko zahtevnejša vprašanja, ki so zahtevala uporabo, analizo in sintezo znanja. Rezultati eksperimentalnih skupin so bili boljši kot rezultati kontrolnih skupin kljub temu, da sta kolegici izvajali pouk s konstruktivistično metodo prvič in v zvezi s tem še nista imeli izkušenj.

Rezultati testov Preverjanje znanja iz nihanja ter Preverjanje znanja iz valovanja, ki sta vsebovala tudi vprašanja za konkretno preverjanje učinkovitosti konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma pri preseganju določenih napačnih predstav dijakov, so tudi izkazali večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja.

Primerjava rezultatov kontrolne in eksperimentalne skupine dijakov četrtil letnikov na vprašanja o nihanju in valovanju je pokazala, da so na vprašanja uspešneje odgovarjali dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja in valovanja v drugem letniku poučevani s konstruktivistično metodo, kot dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja in valovanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Analiza odgovorov je pokazala, da so bile razlike v odgovorih večje v prid eksperimentalne skupine pri taksonomsko zahtevnejših vprašanjih kot pri vprašanjih, ki so bila na nižjih taksonomskih ravneh.

Konstruktivistično metodo poučevanja je možno razviti tudi na drugih področjih fizike. Potrebno je spremljati in evidentirati težave dijakov, ki jih imajo z razumevanjem izbranih vsebin ter oblikovati referenčni test z vprašanji, ki bodo natančno identificirala težave z razumevanjem. Na osnovi analize odgovorov dijakov v referenčnem testu je potrebno načrtovati aktivnosti pri pouku, ob katerih se bodo dijaki soočili s svojimi napačnimi predstavami. Ali so dijaki uspešno usvojili zastavljene vsebine pa učitelj preveri z izborom nalog za utrjevanje.

Pri izvajanju naloge je bilo največ težav s pridobivanjem kolegov za pomoč pri preizkušanju metode in za izvajanje testov pri kontrolnih skupinah. Nemotiviranost kolegov učiteljev fizike se je pokazala že pri izpolnjevanju anketnih vprašalnikov o pouku fizike. Težava pri izvajanju pedagoškega eksperimenta je bila tudi v tem, da je dolgotrajen, preizkušanje vsebin obsega snov celotnega trimesetra, ter v tem, da so bile vsebine iz valovanja poučevane ob zaključku šolskega leta, ko je v šolah veliko dela z zaključevanjem ocen, zato tudi ni bilo mogoče izvesti vseh načrtovanih testov iz valovanja. Poučevanje s konstruktivistično metodo zahteva od učitelja, ki se šele seznanja s to metodo več priprav, fleksibilnosti, iznajdljivosti ter beleženja odzivov dijakov na posamezne naloge in vprašanja.

Kljub težavam pri delu prinaša doktorsko delo pomemben prispevek k specialni didaktiki fizike, saj je na tem področju prvi tako obsežen pedagoški eksperiment. Najpomembnejši rezultat doktorskega dela je prototipna konstruktivistična učna metoda, ki je neposredno uporabna v gimnazijskem programu. Vsebuje premišljen nabor motivacijskih problemov, vprašanj in nalog za odkrivanje predznanja in napačnih predstav, izbor ustreznih eksperimentov in navodil za učiteljevo posredovanje ob učenčevi konstrukciji pravih razlag in konceptov ter nabor vprašanj in nalog za utrjevanje in preverjanje znanja in uporabe znanja za obširno temo Nihanje in valovanje.

Podrobno dokumentiran razvoj metode bo morda v pomoč tudi pri uporabi metode pri poučevanju drugih vsebin fizike kot tudi pri razvoju pouka drugih naravoslovnih predmetov.

9 VIRI

Ausubel, D.P idr. (1987). Educational Psychology – a cognitive View, Holt, Reinhart and Winston.

Babič, V. (2003). Matura iz fizike 2003, Fizika v šoli (2) 2003 (122-129).

Babič, V. (2005). Matura iz fizike v juniju 2005, Fizika v šoli (2) 2005 (121-130).

Bao, L. (2006). Theoretical comparisons of average normalized gain calculations, American Journal of Physics, 74 (10), Oct. 2006 (917-921).

Bauman, R. P. (2001). Wave propagation, The Physics Teacher, Vol 39, Dec. 2001 (545-551).

Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs, American Journal of Physics, 62(8) Aug. 1994 (750-762).

Bloomfield, L. A. (1997). How things work, John Wiley&Sons, inc..

Bransford, J. D. idr. (2000). How People Learn, Brain, Mind, Experience and School, National Academy Press, Washington.

Brdar, U. V. (2004). Učenci, izgubljeni v svetu fizikalnih simbolov, Fizika v šoli (2).

Bruner, J. S. (1973). Beyond the information given, W.W. Norton Company, New York.

Bucik, V. (1997). Osnove psihološkega testiranja, Ljubljana, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.

Bybee, R. W. (2002). Learning Science and the Science of learning, NTSA press.

Coletta, P. V. idr. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability, American Journal of Physics, 73 (12) 2005 (1172-1182).

Coletta, P. V. idr. (2007). Why You Should Measure Your Students' Reasoning Ability, The Physics Teacher, Vol. 45, April 2007.

Čepič, M. (2004). Fizikalne vsebine v naravoslovju OŠ – temelj naravoslovne nadgradnje v srednjem in visokem šolanju posameznika, Zbornik prispevkov mednarodnega posveta o splošni izobrazbi, ZRSS.

Driver, R. idr. (1985). Some features of Children's Ideas and their Implications for Teaching, Open University Press.

Duit, R idr. (1991). Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen.

Fizika: učni načrt za gimnazije, ZRSS (2002).

Furlan, I. (1972). Učenje kot komunikacija, DZS, Ljubljana.

Gardner, H.(1993). The unschooled mind, Fontana Press.

Giancoli, D. C. (1995). Physics, Prentice – Hall International, IMC, New York.

Gibbs, K. (1999). The resourceful Physics Teacher, 600 ideas for creative teaching, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia.

Gillies, R. M. (2004). The effects of cooperative learning on junior high school students during small group learning, *Learning and Instruction* 14 (197-213).

Goldberg, F. M. idr.(1986). Student Difficulties in Understanding Image Formation by a Plane Mirror, *The Physics Teacher*, Nov. 1986 (472-480).

Goldberg, F. M. idr. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror, *American Journal of Physics*, 55 (2), Feb. 1987 (108-119).

Goldberg, F. M. idr. (1989). Student Difficulties with Graphical representations of Negative Values of Velocity, *the Physics Teacher*, April 1989 (254-260).

Hake, R.R. (1998). Interactive – engagement versus traditional methods: A six – thousand – student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, 66 (1), Jan. 1998 (64-74).

Hammer, D. (1996). More than the misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research, *America Journal of Physics*, 64(10) (1316-1325).

Hayed, N. idr. (1998). *Psihologija*, ZRSŠ, Ljubljana.

Heller, P. (1981). Teaching problem solving through cooperative grouping, *The Physics Teacher*.

Hewitt, P. G. (1998). *Concept Physics*, Addison Wesley.

Hribar, M. idr (2003). *Elektrika, svetloba in snov*, Modrijan, Ljubljana.

Jereb, A (1980). *Fizika*, SVIO, učilo za vaje, Tiskarna Ljudske pravice, Ljubljana.

Kariž Merhar, V. (2001a). Nontraditional Problems, The Physics Teacher 39(6) str. 338-340.

Kariž Merhar, V. (2001). Učitelj ima prav, Fizika v šoli (2) str. 111-112.

Kariž Merhar, V. idr. (2003). Zbirka nalog in primerov načrtovanja iz fizike, ZRSS, Ljubljana.

Kariž Merhar, V. idr. (2008). Konstruktivistčna metoda poučevanja – različne možnosti preverjanja znanja. Sodobna pedagogika, 59 (125), 2008 (218-229).

Kariž Merhar, V. idr. (2008a). Sketching graphs – an efficient detection of students' difficulties, poslano v objavo v European Journal of physics.

Kladnik, R. (1994). Fizika 2, Energija, toplota, zvok, DZS, Ljubljana.

Krider, J idr. (2001). Hear and »See« Sound interference, The Physics Teacher, Vol. 39, April 2001 (220-222).

Kunze, H. (1991). Technik im Alltag, Verlag-Pichler-Tempsky, Wien.

Kuščer, I. idr. (2000). Fizika za srednje šole 2. del, DZS, Ljubljana.

Kuščer, I. idr. (2002). Fizika za srednje šole, III del, DZS, Ljubljana.

Laws, P. W. idr. (2003). Promoting active Learning in introductory courses II, Department of Physics, University of Oregon.

Mamola, K. C. (1998). Apparatus for Teaching Physics, AAPT.

Marentič Požarnik, B. (2000). Psihologija pouka in učenja, DZS, Ljubljana.

Marzano, R. J. idr. (1988). Dimensions of thinking, A framework for Curriculum and Instruction, ASCD, Alexandria, Virginia.

Mathelitsch, L. (1991). Physik Aufgaben, 1,2,3,4, Verlag Hoelden-Pichler-Tempsky, Wien.

Mathelitsch, L. (1991). Sport und Physik, Verlag-Pichler-Tempsky, Wien.

Mathelitsch, L. (1995). Narava in fizika, DZS, Ljubljana.

Mazur, E. (1997). Peer instruction, Prentice Hall.

McCullaough, J. idr. (2000). The Role of Toys in Teaching Physics, AAPT.

McDermott, L. C. (1998). Tutorials in introductory Physics, Department of Physics, University of Washington.

McDermott, L. C. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned – closing the gap. American Journal of Physics 59(4), April 1991 (301-315).

McDermott, L. C. idr. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigations of student understanding, American Journal of Physics 60(11) str. 994-1008.

McDermott, L. C. (2000). A perspective on physics education research as a guide to the mprovement of instruction, Center for Physics Education Department of Physics University of Washington.

Mellema, S. (2001). A physics lecture for the 21st century. Physics education (306-310).

Morrison, J. A. (2003). Science Teacher's Diagnosis and Understanding of Student's Preconceptions. Scientific Education 87, (849-867).

Nossbauer, A. idr. (1991). Projekt Elektronik, Verlag-Pichler-Tempsky, Wien.

Ogborn, J. (2000). Advancing Physics As, Institute of Physics Publishing.

Pizzo, J. (2001). Interactive Physics demonstrations, AAPT.

Plut Pregelj, L. (2005). Dobra šola ostaja šola: kaj pa se je spremenilo? Sodobna pedagogika, 56(1) str. 16-32.

Reif, F. (1981). Teaching problem solving – A scientific approach, The Physics Teacher, May 1981 (310-316).

Rosenquist, M. L. idr. (1987). A conceptual approach to teaching kinematics, american Journal of Physics 55(5), May 1987 (407-415).

Rutar Ilc, Z. (2002). Aktivni učenec: zakaj in kako, Simpozij, Zbornik prispevkov.

Saba, M. M. F. (2003). The Doppler Effect of a Sound source Moving in a circle, The Physics Teacher, Vol. 41 Feb. 2003 (89-163).

Sagadin, J. (1993). Poglavlja iz metodologije pedagoškega raziskovanja, ZRSS, Ljubljana.

Sagadin, J. (2003). Štatične metode za pedagoge, Založba Obzorja, Maribor.

Sokoloff, D. R. idr (1999). Real Time Physics, John, Wiley&Sons, Inc..

Strnad, J. (2006). O poučevanju fizike, Knjižnica Sigma, Ljubljana.

Šteblaj, M. (2004). Računalnik v kemijskem laboratoriju. Magistrsko delo. Ljubljana, NTF, Odd. KII, 2004.

Thornton, R. K. idr. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula, *American Journal of Physics* 66 (4), April 1998 (338-352).

Thornton, R. K. idr. (1990). Learning motion concept using real-time microcomputer based tools, *American Journal of Physics*, 58 (9) (588-867).

Trampuš, M. (1999). Matura iz fizike v letu 1999, *Fizika v šoli* (2) 1999 (109-114).

Trampuš, M. (2001). Matura iz fizike v juniju 2001 (2) 2001 (105-111).

White, R. idr. (1996). *Probing, Understanding*, The Fanner Press.

Wiggins, G. idr. (1998). *Understanding by Design*, Association for supervision and Curriculum Development, Alexandria, Virginia USA.

Wittman, M. C. (2002). The Object Coordination Class Applied to Wavepulses: Analysing Student Reasoning in Wave Physics, *International Journal of Science Education* 24, 2002, 97-118.

Woolfolk, A. (2002). *Pedagoška psihologija*, Educy.

Wosilait, K. idr. (1998). Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow, *American Journal of Physics* 66(10) Oct. 1998 (906-913).

Yeo, S idr. (2001). Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding, *The Physics Teacher*, Vol. 39, Nov. 2001 (496-504).

Cohen, R. (2008). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://www.esu.edu./master/glossary.html>

Dunbar, K. (2008). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://www.dartmouth.edu/~kndunbar/publications.html>

Leach, J.(2008). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://www.education.leeds.ac.uk/research/uploads/57.pdf>

Redish, E. F. (1996). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://www2.physics.umd.edu/~redish/>

Wittmann, M. (2002). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://perlnet.umaine.edu/research/mcw/index.html>

TIMMS (2004). Pridobljeno s spletne strani 27.5.2008.

<http://nces.ed.gov/timss/>

10 DODATEK

Dodatek je razdeljen na šest delov.

Dodatek A vsebuje cilje iz učnega načrta za Nihanje in Valovanje iz učnega načrta za gimnazije ter taksonomsko opredeljene dejavnosti, ki so pokazatelj doseganja ciljev iz učnega načrta za nihanje in valovanje.

Dodatek B vsebuje Anketni vprašalnik o pouku fizike – učitelji, Anketni vprašalnik o pouku fizike – dijaki ter analizi obeh vprašalnikov.

Dodatek C vsebuje učne priprave obravnave ciljev iz nihanja s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma ter učne priprave obravnave istih vsebin s konstruktivistično metodo.

Dodatek D vsebuje naslednje teste: Referenčni test iz nihanja, Preverjanje znanja iz nihanja in Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku, s katerimi sem ugotavljala uspešnost konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi z uspešnostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma ter analize teh testov.

Dodatek E vsebuje učne priprave obravnave ciljev iz valovanja s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma ter učne priprave obravnave istih vsebin s konstruktivistično metodo.

Dodatek F vsebuje teste Referenčni test iz valovanja, Preverjanje znanja iz valovanja in Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku, s katerimi sem ugotavljala uspešnost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz valovanja v primerjavi z uspešnostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma ter analize teh testov.

10.1 DODATEK A

V tem dodatku so navedeni cilji iz učnega načrta za gimnazije za vsebine iz nihanja in valovanja ter opis dejavnosti, s katerimi dijaki pokažejo, da so te cilje dosegli.

10.1.1 CILJI IZ UČNEGA NAČRTA ZA VSEBINE IZ NIHANJA

V podpoglavju so citirani vsebinski cilji iz učnega načrta za fiziko za gimnazije za poglavje Nihanje.

Oznake a, b ter c zapisane pred posameznimi vsebinski cilji označujejo tri nivoje, citirano iz učnega načrta za fiziko za gimnazije:

- a) »jedro (140 ur) predstavlja osnovne vsebine, ki naj jih obravnavajo vsi dijaki;
- b) izbirni del (70 ur) zajema vsebine, ki niso obsežene v jedru in jih učitelji vključujejo po svoji presoji, lahko pa izberejo tudi nove vsebine v povezavi z usmeritvijo šole in zanje sami izdelajo podrobnejši učni načrt;
- c) maturitetni del (70 ur pouka, 35 ur laboratorijskega dela in 35 ur utrjevanja) zajema vsebinske cilje v obsegu, ki je predviden za maturo.«

Cilje označene z * obravnavamo pri poglavju Električna, cilje označene z ** pa v četrtem letniku pri urah priprave na maturo.

16. NIHANJE (8 h - jedro)

Dijak zna:

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

a) *opisati* nihanje in nihala; *povezati* pojma nihajni čas in frekvenca; *definirati* pojem ravnovesne lege in amplitude nihanja.

a) *opisati* nitno (težno - matematično) in vzmetno nihalo ter njune lastnosti.

Nihanje nitnega in vzmetnega nihala je sinusno. Nihajni čas ni odvisen od amplitude. Pri nitnem nihalu nihajni čas ni odvisen od mase uteži, je pa odvisen od dolžine vrvice. Pri vzmetnem nihalu je nihajni čas daljši, če ima utež večjo maso.

a) grafično *prikazati* časovno spreminjanje odmika pri sinusnem nihanju (sled nihanja) in iz grafa odmika v odvisnosti od časa *določiti* amplitudo, frekvenco in nihajni čas. Dijaki znajo s poskusi (lonček s črnilom, brnač, glasbene vilice) pokazati odvisnost lege od časa za nihanje preprostih nihala, ki nihajo sinusno.

a) iz grafa odmika v odvisnosti od časa preiti na grafa hitrosti in pospeška v odvisnosti od časa.

Iz strmine na grafu odmika v odvisnosti od časa in iz sledi gibanja (kapljice črnila iz lončka ali sledi brnača, nalepljene navpično) lahko sklepamo, kakšna sta grafa za hitrost in pospešek v odvisnosti od časa. Hitrost je največja v ravnovesni legi. Pospešek je sorazmeren z odklikom, kaže pa vedno proti ravnovesni legi.

a) *pojasniti*, da je vzrok za nihanje sila, ki vleče nihalo proti ravnovesni legi.

Dijaki vedo, da sta sila in pospešek sorazmerna (Newtonov II. zakon). Sila, ki povzroči sinusno nihanje, je torej sorazmerna z odklikom in vleče telo v ravnovesno lego.

a) *definirati* energijo nihanja in *opisati* energijske pretvorbe pri nihanju nihala na vijačno vzmet in pri nitnem nihalu.

Energija nihanja je enaka največji kinetični energiji nihala. V skrajnih legah je kinetična energija nihala enaka nič. Vsa energija je v potencialni oziroma prožnostni energiji.

a) *narisati* graf spreminjanja energije v odvisnosti od časa za nihanje vzmetnega in nitnega nihala.

Energija nihanja je stalna. Na grafu se vidi pretvarjanje ene energije v drugo. Frekvenca spreminjanja energije je dvakrat večja od frekvence nihanja.

*a) *opisati* zgradbo in delovanje električnega nihajnega kroga.

Električni nihajni krog sestavljata tuljava in kondenzator. Nabiti kondenzator se prazni preko tuljave. Zaradi indukcije teče tok tudi potem, ko je kondenzator že prazen, zato se ta ponovno napolni.

*b) *pojasniti* energijske pretvorbe pri nihanju električnega nihajnega kroga.

a) *opisati* razloge za dušeno nihanje in grafično *prikazati* časovni potek odmika pri dušenem nihanju.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Zaradi trenja in zračnega upora se energija nihanja zmanjšuje. Zmanjševanje energije in s tem tudi amplitude poteka eksponentno - po določenem številu nihajev se amplituda zmanjša na polovico. Frekvenca nihanja se z manjšanjem amplitude ne spreminja.

a) *pojasniti* vsiljeno nihanje, *pojasniti* pojav resonance, *navesti* nekaj primerov in *skicirati* resonančno krivuljo.

Nihalo lahko s periodično motnjo od zunaj vzpodbujamo k nihanju. Amplitude nihala so tem večje, čim bližje je frekvenca motnje lastni frekvenci nihala. Amplituda v resonanci je odvisna od dušenja.

b) grafično *prikazati* časovno spreminjanje hitrosti in pospeška pri sinusnem nihanju in iz grafov časovnega poteka hitrosti in pospeška *določiti* amplitudo hitrosti in pospeška.

b) *zapisati* in *uporabiti* zveze med amplitudami odmika, hitrosti in pospeška.

**c) z enačbo *zapisati* in *uporabiti* enačbe za $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$ pri sinusnem nihanju.

*b) kvalitativno *pojasniti* zvezo med kapaciteto kondenzatorja, induktivnostjo tuljave ter nihajnim časom.

c) *uporabiti* Newtonov zakon pri določanju nihajnega časa nihala na vijačno vzmet.

**b) *uporabiti* enačbe za lastni nihajni čas nihala na vijačno vzmet, težnega nihala in električnega nihajnega kroga.

10.1.2 DEJAVNOSTI ZA PREVERJANJE DOSEGANJA CILJEV IZ NIHANJA

Za doseganje ciljev, zapisanih v učnem načrtu za gimnazije za nihanje, sem opredelila dejavnosti, s katerimi so dijaki izkazali svoje znanje ter pokazali razumevanje vsebin. Dejavnosti sem taksonomsko razdelila na tri skupine: najmanj zahtevne so označene s P in so na nivoju poznavanja, prepoznavanja, ponovitve tistega, kar so dijaki slišali v šoli; nekoliko bolj zahtevne dejavnosti so označene z R in vključujejo osnovno razumevanje pojavov ter reševanje preprostejših nalog, ki niso bile obravnavane pri pouku; najzahtevnejše dejavnosti, označene z U pa od dijakov zahtevajo uporabo znanja v novi situaciji, reševanje zahtevnejših in kompleksnejših primerov.

Cilji povezani z opisom nihanja in nihal so usvojeni, če dijak:

- (P) opiše nihanje kot periodično gibanje in ga loči od neperiodičnega,
- (R) navede primere nihanja iz vsakdanjega življenja,
- (R) loči nesinusno nihanje od sinusnega in navede razlike med njima,
- (R) navede primere sinusnega ter nesinusnega nihanja iz vsakdanjega življenja,
- (R) pove, kaj je perioda nihanja za poljubno nihalo ne glede na to, v kateri točki začne opisovati nihanje,
- (U) primerja periode različnih nihal in pojasni zakaj se razlikujejo,
- (P) pozna nihajni čas kot čas ene periode, to je gibanje uteži od ene amplitudne lege do druge in nazaj,
- (R) primerja velikosti nihajnih časov različnih nihal,
- (R) opiše nihanje različnih nihal v enem nihajnem času ne glede na začetno lego,
- (P) pozna frekvenco kot število nihajev na časovno enoto,
- (P) loči med frekvenco in amplitudo nihanja,
- (R) izmeri nihajne čase različnih nihal ter določi njihove frekvence,
- (R) ve, kako se spremeni frekvenca, če se nihajni čas poveča oziroma zmanjša,
- (P) loči med ravnovesno lego ter amplitudo in ju zna določiti za poljubno nihalo,
- (P) loči med odmikom in amplitudo,
- (R) primerja velikosti amplitud različnih nihal ter jih uredi po velikosti,
- (R) izmeri amplitudo različnih nihal,
- (P) opiše nihanje različnih nihal s pravilno uporabo pojmov amplituda, odmik in ravnovesna lega,
- (P) opiše matematično ter vzmetno nihalo,
- (P) loči med levo in desno amplitudo pri matematičnem nihalu ter *zgornjo in spodnjo pri vzmetnem nihalu*,
- (P) opiše nihanje matematičnega in vzmetnega nihala z uporabo pojmov amplituda, odmik in ravnovesna lega,
- (R) izmeri nihajni čas matematičnega ter vzmetnega nihala.

Cilji povezani s časovnim spreminjanjem odmika, hitrosti ter pospeška pri sinusnem nihanju so usvojeni, če dijak:

- (P) loči med časovnim spreminjanjem hitrosti pri neperiodičnem gibanju ter časovnim spreminjanjem hitrosti pri nihanju,
- (P) opiše, kako se pri nihanju s časom spreminja hitrost glede na lego nihala,
- (R) nariše graf $v(t)$ za sinusno nihanje ne glede na to, v kateri legi se ob $t = 0$ nahaja nihalo,
- (U) opiše, kako se pri nihanju s časom spreminja pospešek glede na lego nihala,
- (U) nariše graf $a(t)$ za sinusno nihanje ne glede na to, v kateri legi se ob $t = 0$ nahaja nihalo,
- (R) iz danega grafa $v(t)$ oz. $a(t)$ prebere amplitudo, nihajni čas ter določi frekvenco nihanja,
- (R) ve, kako se spremeni graf $v(t)$ oz. $a(t)$, če spremenimo amplitudo oz. nihajni čas oz. amplitudo hitrosti (pospeška),
- (R) na osnovi danega grafa $v(t)$ oz. $a(t)$ opiše nihanje,
- (R) poznanemu grafu $s(t)$ za sinusno nihanje nariše graf $v(t)$ ter $a(t)$,
- (R) poznanemu grafu $s(t)$ za nesinusno nihanje nariše grafa $v(t)$ ter $a(t)$,
- (R) poznanemu grafu $v(t)$ narišejo grafa $s(t)$ ter $a(t)$,
- (R) poznanemu grafu $a(t)$ narišejo grafa $s(t)$ ter $v(t)$.

Cilji povezani z zapisom zveze med amplitudami odmika, hitrosti in pospeška so usvojeni, če dijak:

- (P) opiše, kako se giblje senca enakomerno krožečega telesa na zaslonu,
- (R) nariše graf, kako se odmik sence od osrednje lege enakomerno krožečega telesa na zaslonu spreminja s časom,

- (P) opiše, kako se s časom spreminja velikost komponente obodne hitrosti enakomerno krožečega telesa na zaslonu,
- (R) nariše projekcijo vektorja obodne hitrosti enakomerno krožečega telesa na zaslon,
- (U) priredi enačbo za obodno hitrost enakomerno krožečega telesa v enačbo, ki opisuje hitrost pri nihanju,
- (P) opiše spreminjanje dolžine sence modela vektorja pospeška enakomerno krožečega telesa na zaslon,
- (R) nariše projekcijo vektorja pospeška enakomerno krožečega telesa na zaslon,
- (U) priredi enačbo za pospešek enakomerno krožečega telesa za računanje pospeška pri sinusnem nihanju,
- (R) uporabi enačbe: $a_0 = \omega^2 s_0 = \frac{v_0^2}{s_0} = \omega v_0$ v računskih primerih.

Cilji povezani s poznavanjem vzrokov za nihanje in odvisnostjo nihajnih časov so usvojeni, če dijak:

- (U) nariše sile, ki delujejo na utež v ravnovesni ter levi in desni amplitudni legi
- (U) nariše rezultanto sile vrvice in teže v ravnovesni ter amplitudni legi,
- (U) ve, kako se spremeni sila vrvice, če maso uteži spremenimo (povečamo oz. zmanjšamo),
- (R) izrazi pospešek v II. Newtonovem zakonu s pospeškom pri nihanju,
- (R) upošteva zvezo med kotno hitrostjo ter nihajnim časom,
- (R) zapiše enačbo $t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,
- (R) ve, kako se spremeni nihajni čas, če »gremo« na drug planet, kjer je težni pospešek večji ali manjši od težnega pospeška na Zemlji,
- (R) ve, kako se spremeni nihajni čas, če spremenimo dolžino vrvice,
- (R) ve, da nihajni čas ni odvisen od mase uteži,

- (U) ve, da je nihajni čas šibko odvisen od amplitude ter če je le-ta majhna, lahko to odvisnost zanemarimo,
- (U) zna narisati graf $t_0(l)$ ter $t_0^2(l)$,
- (R) uporabi enačbo za nihajni čas matematičnega nihala v računskih primerih,
- (U) nariše sile na utež, ki niha na vzmeti levo-desno,
- (U) nariše rezultanto sil na utež v ravnovesni in amplitudni legi,
- (U) zapiše rezultanto sil z uporabo II. Newtonovega zakona,
- (R) uporabi izraz za pospešek pri sinusnem nihanju,
- (R) zapiše $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$,
- (R) uporabi enačbo $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$ v računskih primerih,
- (R) ve, kako se spremeni nihajni čas, če povečamo oz. zmanjšamo maso obešene uteži,
- (R) ve, kako se spremeni nihajni čas, če ima vzmet z drugačen razteznostni koeficient k ,
- (R) nariše graf $t_0(m)$ ter $t_0(\frac{1}{k})$.

Cilji povezani z energijo nihanja so usvojeni, če dijak:

- (U) prenese znanje, ki ga je usvojil o kinetični, prožnostni ter potencialni energiji iz mehanike v nihanje,
- (P) ve, da je energija sinusnega nihanja konstantna,
- (R) ve, da je pri matematičnem nihalu energija nihanja sestavljena iz kinetične in potencialne ter da se ena preliva v drugo,
- (R) opiše spreminjanje kinetične ter potencialne energije pri matematičnem nihalu,
- (U) nariše graf $W_k(t)$; $W_p(t)$ ter celotne energije nihanja v odvisnosti od časa za matematično nihalu,
- (R) ve, da kinetična energija nima negativnih vrednosti,
- (R) ve, kako je sestavljena celotna energija nihanja pri vzmetnem nihalu, ki niha v vodoravni smeri,

- (R) opiše spreminjanje prožnostne in kinetične energije pri vzmetnem nihalu, ki niha v vodoravne smeri,
- (U) nariše graf $W_k(t)$; $W_p(t)$ ter celotne energije nihanja v odvisnosti od časa za matematično nihalo ter celotne energije nihanja v odvisnosti od časa za vzmetno nihalo, ki niha v vodoravni smeri,
- (U) iz grafa časovnega spreminjanja posamezne energije ($W_k(t)$, $W_p(t)$ ter $W_{pr}(t)$) prebere nihajni čas nihala,
- (U) iz grafa časovnega spreminjanja posamezne energije ($W_k(t)$, $W_p(t)$ ter $W_{pr}(t)$) prebere, kdaj se nihalo nahaja v amplitudni oz. ravnovesni legi,
- (R) celotno energijo matematičnega ter vzmetnega nihala napiše z enačbo,
- (R) ve, da je največja vrednost posamezne energije ($W_k(t)$, $W_p(t)$ ter $W_{pr}(t)$) enaka celotni energiji nihanja,
- (R) ve, da so največje vrednosti posameznih energij pri izbranem nihalu po velikosti enake.

Cilji povezani z dušenim nihanjem so usvojeni, če dijak:

- (P) loči med dušenim in nedušenim nihanjem,
- (R) nariše sled dušenega nihaja,
- (P) ve, da je realno nihanje dušeno,
- (U) za dano dušeno nihanje nariše $v(t)$ ter $a(t)$,
- (P) ve, da se pri dušenem nihanju energija nihanja s časom manjša,
- (R) ve, da se pri dušenem nihanju s časom manjšajo amplituda, amplituda hitrosti in amplituda pospeška.

Cilji povezani z vsiljenim nihanjem so usvojeni, če dijak:

- (P) loči med stalno in periodično silo,
- (U) ve, v kateri legi moramo na nihalo delovati s silo, da se amplitude nihala povečujejo,

- (R) loči med frekvenco nihala in frekvenco vzbujevalne sile,
- (R) ve, kako se odziva nihalo, če je frekvenca vzbujevalne sile veliko manjša, enaka ali veliko večja kot frekvenca nihala,
- (P) ve, katero količino nanašamo na ordinatno os in katero na abscisno os resonančne krivulje in nariše resonančno krivuljo,
- (R) iz resonančne krivulje prebere frekvenco nihala,
- (U) navede primere resonance iz vsakdanjega življenja.

Cilji eksperimentalnega dela so usvojeni, če dijak:

- (U) postavi hipoteze s katerimi preveri odvisnost nihajnega časa nihala od izbranih količin,
- (U) načrtuje in izvede eksperiment,
- (U) preveri hipoteze,
- (U) meri odvisnost nihajnega časa od posamezne lastnosti tako, da ustrezno kontrolira ostale spremenljivke,
- (R) izmeri čas večjega števila nihajev in določi nihajni čas tako, da čas več nihajev deli s številom nihajev,
- (R) vpisuje meritve v tabele, ki jih nariše sam,
- (U) meritve obdela računsko in grafično,
- (U) pozna vzroke napak in jih zna selekcionirati po pomembnosti njihovega vpliva na meritev,
- (U) interpretira meritve.

Opisane dejavnosti so mi bile v pomoč pri načrtovanju aktivnosti za dijake pri pouku.

10.1.3 CILJI IZ UČNEGA NAČRTA ZA VSEBINE IZ VALOVANJA

V podpoglavju so citirani vsebinski cilji iz učnega načrta za fiziko za gimnazije za poglavje Valovanje.

Oznake a, b ter c zapisane pred posameznimi vsebinski cilji označujejo tri nivoje, kot je bilo citirano iz učnega načrta za fiziko za gimnazije v prejšnjem poglavju.

Cilje označene z * obravnavamo v sklopu z naslovom Zvok, cilje označene z ** obravnavamo v sklopu Elektromagnetno valovanje.

17. VALOVANJE (10 h - jedro)

Dijak zna:

a) *pojasniti* pojem motnje, hitrost motnje, *opisati* longitudinalno in transverzalno valovanje in *našteti* primere obeh vrst valovanj.

Nihanje posameznih delov sredstva se po sredstvu kot motnja prenaša na sosednje dele. Hitrost širjenja motnje je hitrost valovanja. Motnja lahko potuje v isti smeri, kot nihajo delci (vzdolžno ali longitudinalno valovanje), ali pa pravokotno na smer nihanja delcev (prečno ali transverzalno valovanje). Hitrost motnje je v homogenem sredstvu konstantna, odvisna je od mehanskih lastnosti sredstva.

a) grafično *prikazati* trenutno sliko potujočega sinusnega valovanja in na njej *določiti* amplitudo in valovno dolžino.

Na modelu potujočega sinusnega vala je mogoče ugotoviti, da vse točke nihajo na enak način, vendar z določeno zakasnitvijo glede na nihanje izvira. Razdalja od neke točke do najbližje točke, ki zaostaja ali prehiteva za en nihaj, je valovna dolžina. Ko naredi izvir en nihaj, se valovanje razširi za eno valovno dolžino.

a) *pojasniti* pojme hrib, dol, zgoščina, razredčina.

a) *povezati* c , λ in t_0 .

Motnja prepotuje v času enega nihaja razdaljo do sosednje točke, ki niha tako, da zamuja za en nihaj (je v fazi): $c = \lambda t_0 = \lambda \nu$.

a) ob primeru valovanja na vodni gladini *pojasniti* pojme valovna črta in žarek.

Črta, ki povezuje hrib valov pri valovanju na ravnini, se imenuje valovna črta. Pri valovanju, ki izvira iz točke na ravnini, so valovne črte koncentrični krogi. Žarek je pravokotnica na valovne črte.

a) *opisati* odboj, lom in uklon valovanja.

Na meji sredstva, po katerem se širi, se valovanje odbije. Če ima v drugem sredstvu valovanje manjšo hitrost, se pri odboju v prvo sredstvo faza obrne - primer valovanja na vrvi. Velja odbojni zakon – vpadni kot je enak odbojnemu. Pri prehodu valovanja v sredstvo, kjer ima drugačno hitrost, se spremeni valovna dolžina, pri poševnem vpadu na mejo med sredstvoma se spremeni smer žarka, frekvenca pa se ne spremeni. Totalni odboj. Uklon je pojav, ko se valovanje širi v geometrijski senci za oviro ali režo.

a) *opisati* interferenco valovanj dveh sočasno nihajočih točkastih izvirov.

Če se v neki točki sreča dvoje ali več valovanj, se odmiki posameznih valovanj v tej točki vektorsko seštevajo. Pri interferenci dveh valovanj z enakima frekvencama in amplitudama se v nekaterih točkah valovanje ojači, v drugih pa oslabi ali popolnoma izniči.

** b) *opisati* polarizacijo valovanja.

a) *pojasniti* nastanek in lastnosti stoječega valovanja ter pojma hrbet in vozle.

Po odboju valovanja na koncu vrvi oziroma v piščali se srečata vpadni in odbiti val. Pri tem pride do interference. Na nekaterih mestih se valovanje ojači, na drugih pa oslabi. Tako dobimo stoječe valovanje. Posamezni deli nihajo (tam, kjer je nihanje najmočnejše, nastane hrbet), v nekaterih točkah se valovanje izniči (vozel). Struna, piščal.

b) z zaporednimi slikami *prikazati* gibanje delcev snovi pri potujočem in pri stoječem valovanju.

* a) *opisati* zvok kot longitudinalno valovanje in *navesti* hitrost zvoka v zraku pri sobni temperaturi.

* a) kvalitativno *pojasniti* Dopplerjev pojav.

Pri gibanju zvočila se pred zvočilom valovna dolžina zmanjša, za zvočilom pa poveča. Mirujoč poslušalec sliši pri tem večjo ali manjšo frekvenco, odvisno od njegovega položaja glede na zvočilo. Pri gibanju poslušalca glede na mirujoče zvočilo poslušalec sliši spremenjeno frekvenco zvoka.

b) računsko *določiti* smeri ojačanih curkov pri interferenci valovanj iz dveh sočasno nihajočih krožnih izvirov.

* b) *definirati* energijski spekter valovanja in ločiti med tonom, zvenom in šumom.

c) *pojasniti* lastna nihanja strune in kvalitativno povezati frekvenco strune s silo, s katero je napeta.

- * c) *uporabiti* enačbe za Dopplerjev pojav.
- * c) *določiti* kot pri vrhu Machovega stožca.
- * b) *definirati* gostoto energijskega toka in navesti spodnjo mejo občutljivosti ušesa in očesa.
- * c) *uporabiti* enačbo za gostoto energijskega toka pri usmerjenem curku valovanja ter pri izotropnih izviri valovanja.
- ** c) *zapisati* zvezo med amplitudama jakosti električnega polja in gostote magnetnega polja v potujočem elektromagnetnem valovanju v vakuumu.
- ** c) *uporabiti* zvezo med gostoto energijskega toka elektromagnetnega valovanja in amplitudama E in B .

10.1.4 DEJAVNOSTI ZA PREVERJANJE DOSEGANJA CILJEV IZ VALOVANJA

Za doseganje ciljev, zapisanih v učnem načrtu za gimnazije za valovanje, sem opredelila dejavnosti, s katerimi bodo dijaki izkazali svoje znanje ter pokazali razumevanje vsebin. Dejavnosti sem taksonomsko razdelila, enako kot za nihanje, na tri skupine: najmanj zahtevne so označene s P in so na nivoju poznavanja, prepoznavanja, ponovitve tistega, kar so dijaki slišali v šoli; nekoliko bolj zahtevne dejavnosti so označene z R in vključujejo osnovno razumevanje pojavov ter obvladovanje preprostejših primerov, ki niso bili obravnavani pri pouku; najzahtevnejše dejavnosti, označene z U pa od dijakov zahtevajo uporabo znanja v novi situaciji, reševanje zahtevnejših in kompleksnejših primerov.

Cilji povezani z opisom potujočega valovanja so usvojeni, če dijak:

- (P) opiše, kaj se zgodi z delom vrvi, na katerega udarimo prečno in kaj se ob tem zgodi s sosednjimi deli vrvi,

- (P) opiše, kaj se zgodi z vzmetjo, če jo na enem koncu udarimo v vzdolžni smeri in kako se motnja prenaša po vzmeti,
- (R) ve, da je hitrost potovanja motnje hitrost valovanja,
- (R) pojasni, kakšna je smer odmikov sredstva, po katerem potuje transverzalno valovanje glede na smer hitrosti valovanja,
- (R) pojasni, kakšna je smer odmikov sredstva, po katerem potuje longitudinalno valovanje glede na smer hitrosti valovanja,
- (R) opiše, kako se gibljejo posamezni deli vrvi, ko po njej potuje transverzalno valovanje,
- (R) opiše, kako se gibljejo posamezni deli vzmeti, ko po njej potuje longitudinalno valovanje,
- (U) opiše gibanje izbranega dela vrvi in to gibanje primerja z nihanjem,
- (U) primerja gibanje sosednjih delov vrvi,
- (R) opiše gibanje izbranega dela vzmeti,
- (U) primerja gibanje sosednjih delov vzmeti.

Cilji povezani z grafičnim prikazom valovanja so usvojeni, če dijak:

- (P) iz dane trenutne slike potujočega valovanja prebere amplitudo in valovno dolžino,
- (P) loči med amplitudo in valovno dolžino,
- (R) nariše trenutno sliko sinusnega valovanja glede na dano valovno dolžino in amplitudo,
- (P) opiše gibanje sosednjih točk na trenutni sliki valovanja,
- (R) nariše, kakšna bo trenutna slika valovanja čez npr. $\frac{t_0}{4}$, $\frac{t_0}{2}$,
- (U) opiše, kaj je skupno gibanju različnih točk vrvi in v čem se njihova gibanja razlikujejo,
- (U) loči med gibanjem sredstva in potovanjem motnje,
- (R) pozna hitrost valovanja kot hitrost potovanja motnje,
- (R) ve, da je hitrost valovanja neodvisna od oblike motnje,
- (R) ve, da je hitrost valovanja neodvisna od valovne dolžine oz. frekvence,

- (R) uporabi enačbo $c = \lambda \nu$ pri reševanju kvantitativnih problemov,
- (R) ve, da povečanje frekvence pomeni zmanjšanje valovne dolžine in obratno,
- (R) ve, da je hitrost motnje odvisna od vrste snovi, po kateri potuje.

Cilji povezani z opisom stoječega valovanja in lastnega nihanja strune so usvojeni, če dijak:

- (R) opiše, kaj se zgodi s transverzalno motnjo, ko pride do konca vrvi (prostega ter vpetega),
- (R) loči med odbojem z isto in odbojem z nasprotno fazo,
- (R) nariše trenutne slike sinusnega potujočega valovanja v več zaporednih trenutkih,
- (U) nariše vsoto dveh enakih valovanj, ki sta eno glede na drugo različno premaknjeni,
- (R) ve, da nastane stoječe valovanje z vsoto vpadnega in odbitega valovanja,
- (R) skicira stoječe valovanje,
- (R) loči med potujočim in stoječim valovanjem,
- (R) opiše, kako se gibljejo različni deli vrvi pri stojećem valovanju,
- (P) ve, da nihajo različni deli vrvi pri stojećem valovanju z enakimi fazami,
- (P) ve, kaj je vozle in kaj hrbet valovanja,
- (P) iz skice stoječega valovanja prebere valovno dolžino,
- (R) ve, da je amplituda v sredini hrbita $2s_0$, če je amplituda vpadnega in odbitega valovanja s_0 ,
- (P) opiše struno kot vrv, ki je na obeh koncih vpeta,
- (U) opiše, na kakšne načine lahko niha vpeta vrv, če jo vzbujamo,
- (R) določi vozle in hrbite pri lastnem nihanju strune,
- (P) določi valovno dolžino lastnega nihanja strune,
- (R) pri določanju lastnih frekvenc strune uporabi enačbo $c = \lambda \nu$,
- (R) ve, da struna ne more nihati s kakršnokoli frekvenco,
- (P) prepozna osnovno lastno nihanje strune,

- (P) loči med osnovnim lastnim nihanjem strune in harmoničnimi lastnimi nihanji,
- (P) ve, da je osnovna lastna frekvenca najmanjša frekvenca, s katero niha struna,
- (P) ve, da so harmonične lastne frekvence celoštevilčni mnogokratniki osnovne lastne,
- (R) ve, da so lastne frekvence odvisne od dolžine strune in hitrosti valovanja na struni,
- (R) ve, kako se spremeni hitrost, če silo povečamo oz. zmanjšamo.

Cilji povezani z opisom valovanja na vodni površini so usvojeni, če dijak:

- (P) ve, kaj je trenutna slika valovanja,
- (P) iz dane trenutne slike valovanja ugotovi valovno dolžino,
- (P) loči med krožnim in ravnim valovanjem,
- (R) opiše, kako se gibljejo posamezni deli vodne površine, ko se po njej širi valovanje,
- (U) loči med smerjo širjenja valovanja in smerjo gibanja delov vodne gladine,
- (R) nariše trenutno sliko ravnega ter krožnega valovanja z dano valovno dolžino,

Cilji povezani z odbojem so usvojeni, če dijak:

- (R) skicira, kako se od ravne ovire odbije krožno valovanje,
- (R) z valovnimi črtami in valovnimi žarki skicira odboj ravnega valovanja od ravne ovire, če pade ravno valovanje na oviro pod nekim kotom,
- (P) nariše vpadno pravokotnico, označi vpadni kot α ter odbojni kot β ,
- (R) ve, da se pri odboju spremeni le smer hitrosti valovanja, velikost hitrosti, valovna dolžina ter frekvenca ostanejo nespremenjeni,
- (R) pozna in uporabi odbojni zakon, ve, kako se spremeni odbojni kot, če se vpadni kot poveča oz. zmanjša.

Cilji v zvezi z lomom valovanja so usvojeni, če dijak:

- (P) loči med odbojem in lomom,
- (P) skicira lom valovanja z valovnimi črtami in valovnimi žarki,
- (P) nariše vpadno pravokotnico ter označi vpadni kot α ter lomni kot β ,
- (P) ve, da se pri lomu frekvenca valovanja ohrani,
- (R) loči med spremembo frekvenca in spremembo valovne dolžine,
- (P) ve, da se pri lomu spremeni valovna dolžina ter velikost in smer hitrosti valovanja,
- (U) izpelje lomni zakon,
- (R) uporabi lomni zakon v računskih primerih,
- (U) navede primere loma iz vsakdanjega življenja in jih pojasni.

Cilji povezani z interferenco valovanja so usvojeni, če dijak:

- (P) ve, da izraz interferenca pomeni seštevanje odmikov pri valovanjih,
- (R) ve, da če imamo na vodni površini več virov valovanja, se gladina giblje tako, kot narekuje vsota valovanj,
- (P) prepozna interferenčno sliko,
- (R) ve, da se dve valovanji, ko prideta eno do drugega, ne odbijeta, ampak seštejeta,
- (R) ve, kdaj dva vira nihata na enak način,
- (U) pojasni nastanek pasov ojačitev in oslabitev pri interferenci dveh valovanj, ki izhajata iz točkastih virov, ki nihata na enak način,
- (U) pozna pogoje za ojačitev in oslabitev,
- (R) ve, da je število pasov ojačitev in oslabitev odvisno od valovne dolžine ter od razdalje med viroma,
- (R) ve, kako se število pasov ojačitev spremeni, če spremenimo razdaljo med viroma,
- (U) ve, da pride do interference tudi, če vira ne nihata na enak način.

Cilji povezani z uklonom valovanja so usvojeni, če dijak:

- (P) prepozna uklon ravnega valovanja na oviri,
- (R) nariše, kako se širi ravno valovanje za oviro z valovnimi črtami in žarki,
- (R) skicira, kaj se zgodi z ravnim valovanjem, ko pride do odprtih različnih dimenzij,
- (R) ve, v katerih primerih je uklon bolj izrazit,
- (U) navede primere uklona iz vsakdanjega življenja in jih pojasni.

Cilji eksperimentalnega dela so usvojeni, če dijak:

- (U) postavi hipoteze s katerimi preveri odvisnost hitrosti valovanja od sile, s katero je vrv napeta,
- (U) načrtuje in izvede eksperiment,
- (U) preveri hipoteze,
- (U) izvede meritve,
- (R) vpisuje meritve v tabele, ki jih nariše sam,
- (U) meritve obdelava računsko in grafično,
- (U) pozna vzroke napak in jih zna selekcionirati po pomembnosti njihovega vpliva na meritve,
- (U) interpretira meritve,
- (U) oceni velikost in vzroke napak.

Opisane dejavnosti so mi bile v pomoč pri načrtovanju aktivnosti za dijake pri pouku.

10.2 DODATEK B

Dodatek B vsebuje Anketni vprašalnik o pouku fizike, ki so ga izpolnjevali učitelji, analizo odgovorov na vprašanja iz tega vprašalnika ter Anketni vprašalnik o pouku fizike, ki so ga izpolnjevali dijaki ter analizo odgovorov na vprašanja tega vprašalnika.

Z anketo, izvedeno med učitelji fizike sem ugotavljala, na kakšen način poučujejo vsebine iz fizike v gimnazijah, kako ugotavljajo predznanje, predstave in izkušnje dijakov ter kako potem načrtujejo potek učne ure. Z anketo sem ugotavljala tudi, kakšno mesto imajo po mnenju učiteljev vsebine iz nihanja in valovanja glede težav z razumevanjem v primerjavi z ostalimi vsebinami iz fizike, ki jih poučujemo v gimnazijah ter kakšno mesto zavzemajo vsebine iz nihanja in valovanja po številu opravljenih demonstracijskih eksperimentov in eksperimentalnih vaj v primerjavi z drugimi poglavji fizike. Zanimalo me je tudi, pri katerih vsebinah iz nihanja in valovanja imajo dijaki največ težav z razumevanjem.

Z anketo, izvedeno med dijaki sem ugotavljala, kako reagirajo, če pri pouku česa ne razumejo, kako mora po njihovem mnenju potekati obravnavanje snovi pri fiziki, da bodo vsebine boljše razumeli. Zanimalo me je tudi, s katerimi vsebinami iz nihanja ter valovanja so imeli največ težav z razumevanjem.

Izsledke analiz odgovorov na oba vprašalnika sem uporabila pri načrtovanju učnih priprav za nihanje in valovanje.

10.2.1 ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – UČITELJI

Med učitelji fizike na različnih gimnazijah v Sloveniji sem izvedla anketo, s katero sem ugotavljala, katere metode uporabljajo pri poučevanju fizike, pri katerih poglavjih fizike imajo dijaki največ težav z razumevanjem in pri katerih poglavjih opravijo največ demonstracijskih eksperimentov ter laboratorijskih vaj. Ugotavljala sem tudi, s katerimi vsebinami iz nihanja in valovanja imajo dijaki največ težav z razumevanjem.

Anketni vprašalnik sem poslala tridesetim učiteljem fizike na različne gimnazije v Sloveniji. Izpolnjene vprašalnike je vrnilo le 16 učiteljev.

V anketnem vprašalniku sem najprej spraševala splošne podatke o številu let poučevanja. Možne odgovore sem razdelila na: 0-1 let poučevanja, kamor spadajo učitelji začetniki, ki še nimajo izkušenj s poučevanjem in verjetno še niso uporabili različnih metod poučevanja za iste vsebine, nato 2-10 let, kar je obdobje, ko učitelji gradijo, oblikujejo in izboljšujejo svoje metode poučevanja, nato 11-20 let, ko so učitelji že izkušeni, metode poučevanja imajo izoblikovane na osnovi izkušenj ter jih nadgrajujejo z novimi detajli, kot tudi učitelji, ki poučujejo več kot 21 let. Taki učitelji že iz izkušenj vedo, pri katerih vsebinah imajo dijaki težave z razumevanjem in imajo za premagovanje le-teh že izoblikovane in preizkušene metode.

V sklopu vprašanj o ugotavljanju predznanja, izkušenj in predstav dijakov sem učiteljem ponudila pet opisov poteka učne ure. Dva opisujeta tradicionalni pouk (Predstavim cilje učne enote in začnem z obravnavo snovi. Povem zgodnico, anekdoto, zgodovinsko zanimivost v zvezi z obravnavano snovjo in začnem z obravnavo snovi.), dva opisujeta tradicionalni pouk z elementi konstruktivizma (S pogovorom ugotavljam, kaj dijaki o novi vsebini že vedo in sproti uro prilagodim njihovemu znanju. S pogovorom skušam ugotoviti, kakšno predznanje, izkušnje in predstave

imajo dijaki o obravnavani snovi in glede na to načrtujem obravnavo nove snovi.). Med ponujenimi opisi je tudi opis konstruktivistične metode poučevanja (Dijakom dam predtest, da izvem, kakšno je njihovo predhodno znanje in potem pri poučevanju izhajam iz njihovega predznanja.). Odgovori na to vprašanje so pokazali, kako pristopajo učitelji k obravnavi nove snovi. Poznavanje pristopov k poučevanju fizike, ki jih uporabljajo kolegi, je vplivalo na načrtovanje konstruktivistične metode.

Zanimalo me je, koliko pozornosti namenijo kolegi načrtnemu ugotavljanju predznanja, predstav in izkušenj dijakov, s katerimi vstopajo v učni proces. Tako sem učiteljem ponudila tri trditve, od katerih dve opisujeta tradicionalni pristop z elementi konstruktivizma (Dijake vzpodbujam, da povedo svoje izkušnje, ki so v zvezi z obravnavano snovjo. Predznanje, predstave ter izkušnje ugotavljam tako, da postavljam vprašanja celemu razredu.), ena pa konstruktivistični pristop (Dijaki pišejo na začetku novega poglavja predtest, s katerim ugotavljam njihovo predznanje, predstave in izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo sledila.). Pri povsem tradicionalnem pristopu pa ugotavljanje predznanja ni predvideno. Odgovori učiteljev na to vprašanje so pokazali, kje so možne izboljšave pri ugotavljanju predznanja, predstav in izkušenj dijakov.

V anketnem vprašalniku je tudi vprašanje o tem, pri katerih poglavjih fizike imajo dijaki največ težav z razumevanjem. Analiza odgovorov na to vprašanje je pokazala, ali vsebine iz nihanja in valovanja povzročajo po mnenju učiteljev fizike dijakom več težav z razumevanjem kot vsebine iz drugih poglavij fizike, ki jih poučujemo v gimnazijah.

Učitelje sem spraševala tudi po tem, katere vsebine so po njihovem mnenju za dijake najbolj zanimive, pri katerih poglavjih demonstrirajo največ poskusov ter pri katerih poglavjih opravijo dijaki največ eksperimentalnih vaj. Analiza odgovorov na to vprašanje je pokazala, ali poglavji Nihanje in Valovanje odstopata od drugih poglavij po zanimivosti, številu demonstracijskih poskusov oziroma laboratorijskih vaj.

V anketnem vprašalniku sem učiteljem ponudila devet možnosti, kakšne spremembe pri pouku bi po njihovem mnenju pripomogle k boljšemu razumevanju fizikalnih vsebin. Ponujene trditve sem oblikovala na osnovi pogovorov s kolegi učitelji fizike. Analiza odgovorov na to vprašanje je pokazala prepričanja učiteljev, kaj je potrebno pri pouku fizike spremeniti, da bo pouk učinkovitejši glede razumevanja fizikalnih vsebin.

Z anketnim vprašalnikom sem tudi natančneje ugotavljala, s katerimi vsebinami iz nihanja in valovanja imajo dijaki po mnenju učiteljev največ težav z razumevanjem. Analiza odgovorov na to vprašanje je pokazala, pri katerih vsebinah iz nihanja in valovanja je potrebno pri pouku več pozornosti nameniti spremljavi razumevanja.

ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – UČITELJI

I. SPLOŠNI PODATKI

Prosim, da obkrožite ustrezen odgovor.

1.) Leta poučevanja: • 0 - 1 • 2 - 10 • 11 - 20 • 21 in več

II. UGOTAVLJANJE PREDZNANJA, IZKUŠENJ IN PREDSTAV DIJAKOV

S številkami od 1 do 5 označite vrstni red trditev, kako najpogosteje obravnavate novo snov. S številko 1 označite najbolj pogost, s številko 5 pa najmanj pogost način obravnave.

___ Predstavim cilje učne enote in začnem z obravnavo snovi.

___ Povem zgodnico, anekdoto, zgodovinsko zanimivost v zvezi z obravnavano snovjo in začnem z obravnavo snovi.

___ S pogovorom ugotavljam, kaj dijaki o novi vsebini že vedo in sproti uro prilagodim njihovem znanju.

___ Dijaki rešujejo predtest, da izvem, kakšno je njihovo predhodno znanje in potem pri poučevanju izhajam iz njihovega predznanja.

___ S pogovorom skušam ugotoviti, kakšno predznanje, izkušnje in predstave imajo dijaki o obravnavani snovi in glede na to načrtujem obravnavo nove snovi.

Naslednja tabela vsebuje nekaj načinov ugotavljanja predznanja, izkušenj in predstav dijakov. Prosim, da se opredelite, v kolikšni meri naslednje trditve veljajo za Vaše poučevaje.

Številka 1 pomeni, da trditev za Vaše poučevanje ne velja, št. 4 pa pomeni, da trditev za Vaše poučevanje popolnoma velja.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

1	Dijake vzpodbujam, da povedo svoje izkušnje, ki so v zvezi z obravnavano snovjo.	1	2	3	4
2	Dijaki pišejo na začetku obravnavanja novega poglavja pretest, s katerim ugotavljam njihovo predznanje, predstave in izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo sledila.	1	2	3	4
3	Predznanje, predstave ter izkušnje ugotavljam tako, da postavljam vprašanja celemu razredu.	1	2	3	4

III. RAZUMEVANJE RAZLIČNIH POGlavIJ FIZIKE

Pri katerih poglavjih imajo po Vašem mnenju učenci največ težav z razumevanjem? Prosim, označite poglavja s številkami od 1 do 7. Pri tem naj št. 1 označuje tisto poglavje, pri katerem imajo učenci po Vašem mnenju največ težav z razumevanjem.

- Mehanika
- Toplota
- Nihanje, valovanje
- Svetloba in optika
- Električna
- Magnetno polje, indukcija
- Atomika in jedro

Prosim, če odgovorite na naslednja vprašanja. Odgovori naj vsebujejo naslove treh poglavij, ki so navedena zgoraj. Pod številko 1 navedite poglavje, ki najbolj izstopa glede na dano vprašanje.

Menim, da so za dijake najbolj zanimiva naslednja poglavja:	Največ poskusov demonstriram pri naslednjih poglavjih:	Dijaki opravijo največ eksperimentalnih vaj pri naslednjih poglavjih:
1	1	1
2	2	2
3	3	3

IV. SPREMEMBE PRI POUKU

Katere spremembe so po Vašem mnenju nujne, če želimo doseči boljše razumevanje snovi? Najbolj nujno spremembo označite s številko 1, najmanj nujno s številko 9, lahko pa tudi dopišete svoje mnenje.

- Manj vsebin.
- Predmet fizika naj bi imel več ur.
- Manjše število dijakov v razredu.
- Več eksperimentalnih vaj.
- Aktivne oblike poučevanja.
- Dodatno izobraževanje učiteljev.
- Večja povezanost učiteljev fizike. Učitelji bi se nekajkrat na leto srečali in izmenjali izkušnje.
- Drugačni učbeniki. (Kratko napišite, kakšne učbenike bi si želeli.)
- Če imate še kakšne predloge, jih napišite tukaj:

V. RAZUMEVANJE POGLAVJA NIHANJE IN VALOVANJE

Kako dobro so po Vašem mnenju dijaki, ki jih poučujete osvojili cilje iz učnega načrta?

Pomen števil:

- 1 - Cilj je osvojilo majhno število učencev, večina se je vsebino naučila na pamet, jo osvojila pomanjkljivo ali se je sploh ni naučila.
- 2 - Cilj je osvojila polovica dijakov, ostali so se vsebino naučili na pamet, jo osvojili pomanjkljivo ali se je sploh niso naučili.
- 3 - Cilj je osvojila več kot polovica dijakov, preostali so se vsebino naučili na pamet, jo osvojili pomanjkljivo ali pa je ne znajo.
- 4 - Cilj so osvojili skoraj vsi dijaki, le posamezniki so se vsebino naučili na pamet, jo osvojili pomanjkljivo oziroma je ne znajo.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

1	Dijak zna grafično prikazati časovno spreminjanje odmika pri sinusnem nihanju in iz grafa odmika v odvisnosti od časa določiti amplitudo, frekvenco in nihajni čas.	1	2	3	4
2	Dijak zna iz grafa odmika v odvisnosti od časa preiti na grafa hitrosti in pospeška v odvisnosti od časa.	1	2	3	4
3	Dijak zna opisati razloge za dušeno nihanje in grafično prikazati časovni potek odmika pri dušenem nihanju.	1	2	3	4
4	Dijak zna pojasniti vsiljeno nihanje, pojasniti pojav resonance, navesti nekaj primerov in skicirati resonančno krivuljo.	1	2	3	4
5	Dijak zna uporabiti Newtonov zakon pri določanju nihajnega časa nihala na vijačno vzmet.	1	2	3	4
6	Dijak zna pojasniti pojem motnje, hitrost potovanja motnje, opisati longitudinalno in transverzalno valovanje in naštetih primere obeh vrst valovanj.	1	2	3	4
7	Dijak zna grafično prikazati trenutno sliko potujočega sinusnega valovanja in na njej določiti amplitudo in valovno dolžino.	1	2	3	4
8	Dijak zna razložiti lom valovanja.	1	2	3	4
9	Dijak zna razložiti uklon valovanja.	1	2	3	4
10	Dijak zna pojasniti nastanek in lastnosti stoječega valovanja ter pojma vozela in hrbeta.	1	2	3	4
11	Dijak zna z zaporednimi slikami prikazati gibanje delcev snovi pri potujočem in pri stojećem valovanju.	1	2	3	4
12	Dijak zna računsko določiti smeri ojačanih curkov pri interferenci valovanj iz dveh krožnih virov, ki nihata na enak način.	1	2	3	4
13	Dijak zna pojasniti lastna nihanja strune in kvalitativno povezati frekvenco strune s silo, s katero je napeta.	1	2	3	4

Prosim, če odgovorite na naslednja vprašanja. Odgovori naj vsebujejo naslove treh vsebin. Pod številko 1 navedite vsebino, ki najbolj izstopa glede na dano vprašanje.

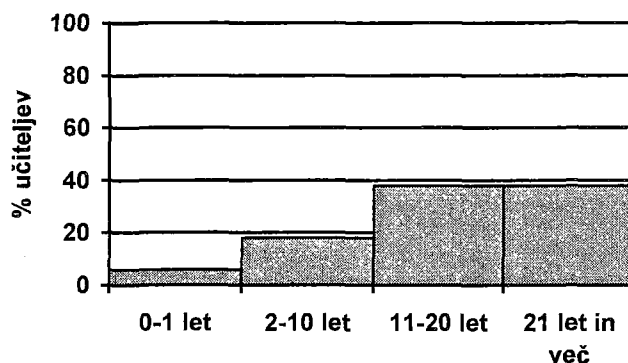
Menim, da so naslednje vsebine iz nihanja in valovanja za dijake najbolj zanimive:	Menim, da imajo dijaki največ težav z razumevanjem pri naslednjih vsebinah iz nihanja in valovanja
1	1
2	2
3	3

10.2.2 ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA - UČITELJI

V tem delu so navedeni konkretni podatki, pridobljeni z anketo med učitelji fizike na različnih gimnazijah v Sloveniji.

I. SPLOŠNI PODATKI

Analiza splošnih podatkov kaže, da je v anketi sodelovalo le 6% učiteljev začetnikov, 18% učiteljev, ki poučujejo od 2 do 10 let, 38% učiteljev pa uči več kot 11 let (Slika 10.1).



Slika 10.1: Učitelji fizike, ki so sodelovali v anketi, porazdeljeni po letih izkušenj s poučevanjem.

Rezultati kažejo, da so v anketi sodelovali pretežno izkušeni učitelji, ki imajo že izoblikovane in preizkušene metode poučevanja.

II. UGOTAVLJANJE PREDZNANJA, IZKUŠENJ IN PREDSTAV DIJAKOV

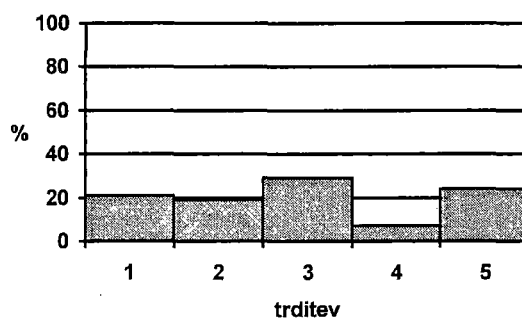
Anketni vprašalnik ugotavlja, katere metode uporabljajo učitelji fizike pri pouku ter kako odkrivajo predznanje, izkušnje in predstave dijakov z nizom

petih trditvev, ki opisujejo različne načine ugotavljanja predznanja, izkušenj in predstav dijakov ter kratko opišejo nadaljevanje učne ure potem, ko je učitelj že ugotovil predznanje, predstave in izkušnje, ki jih imajo dijaki v zvezi s snovjo, ki bo obravnavana.

Ponujene trditve opisujejo različne pristope k pouku. Trditve, ki opisujejo isti pristop k pouku niso navedene ena za drugo, ampak so pomešane s trditvami, ki opisujejo drugačen pristop k pouku. Namen takšne predstavitve trditvev o pristopih k pouku je bil, da učitelji vse trditve pozorno preberejo, razmislijo o svojem načinu poučevanja in ne obkrožijo kar na primer prvih dveh.

Prvi dve trditvi (Predstavim cilje učne enote in začnem z obravnavo snovi. Povem zgodnico, anekdoto, zgodovinsko zanimivost v zvezi z obravnavano snovjo in začnem z obravnavo snovi.) opisujeta elemente tradicionalnega pristopa k ugotavljanju predznanja, predstav in izkušenj. Tretja in peta trditvev (S pogovorom ugotavljam, kaj dijaki o novi vsebini že vedo in sproti uro prilagodim njihovem znanju. S pogovorom skušam ugotoviti, kakšno predznanje, izkušnje in predstave imajo dijaki o obravnavani snovi in glede na to načrtujem obravnavo nove snovi.) opisujeta pristop k pouku, ki že vsebuje nekaj elementov konstruktivizma. Učitelj namreč potem, ko ugotovi predznanje, izkušnje in predstave dijakov, temu prilagodi nadaljnji potek pouka. Četrta trditvev (Dijaki rešujejo predtest, da izvem, kakšno je njihovo predhodno znanje in potem pri poučevanju izhajam iz njihovega predznanja.) pa opisuje konstruktivistični pristop k pouku, saj učitelj ugotavlja predznanje, izkušnje in predstave načrtno s predtestom. Pri načrtovanju pouka učitelj izhaja iz ugotovitev analize predtesta. V procesu razvoja konstruktivistične metode se je izkazalo, da je ugotavljanje predznanja s predtesti najbolj učinkovito, zato sem v trditvi napisala prav to možnost. Pisanje predtestov pokaže predznanje vseh dijakov naenkrat, medtem ko razgovori ter diskusije pokažejo samo predznanje tistih dijakov, ki odgovorijo na vprašanja oziroma povedo svoje mnenje.

Analiza odgovorov učiteljev o ugotavljanju predznanja, predstav in izkušenj dijakov v zvezi s snovjo, ki bo sledila kaže, da večina učiteljev ugotavlja predstave, predznanje in izkušnje dijakov na način, ki vsebuje elemente konstruktivističnega pristopa (Slika 10.2). Učitelji predznanja ne ugotavljajo sistematično, ampak se zadovoljijo z odgovori dijakov, ki sodelujejo v pogovoru oziroma diskusiji.

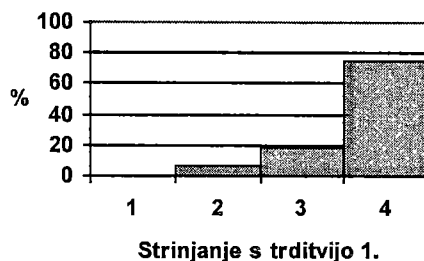


Slika 10.2: Rezultati odgovorov učiteljev na ponujene trditve o načinu ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj dijakov v zvezi s snovjo, ki bo obravnavana pri pouku. (1. Predstavim cilje učne enote in začnem z obravnavo snovi. 2. Povem zgodbico, anekdoto, zgodovinsko zanimivost v zvezi z obravnavano snovjo in začnem z obravnavo snovi. 3. S pogovorom ugotavljam, kaj dijaki o novi vsebini že vedo in sproti uro prilagodim njihovem znanju. 4. Dijaki rešujejo predtest, da izvem, kakšno je njihovo predhodno znanje in potem pri poučevanju izhajam iz njihovega predznanja. 5. S pogovorom skušam ugotoviti, kakšno predznanje, izkušnje in predstave imajo dijaki o obravnavani snovi in glede na to načrtujem obravnavo nove snovi.)

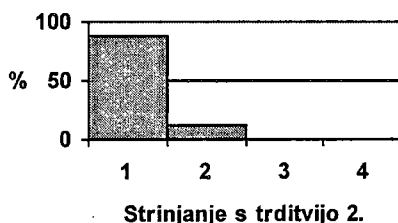
V anketi sledijo tri trditve o najpogostejšem načinu ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj dijakov. Trditev (Dijake vzpodbujam, da povedo svoje izkušnje, ki so v zvezi z obravnavano snovjo.) ugotavlja, v kolikšni meri učitelji vzpodbujajo dijake k izkazovanju izkušenj, predstav in predznanja. Trditev (Predznanje, predstave ter izkušnje ugotavljam tako, da postavljam vprašanja celemu razredu.) opredeljuje pristop k ugotavljanju predznanja, predstav in izkušenj, ki je značilen za pouk, ki je sicer pretežno tradicionalno naravnano, vsebuje pa tudi elemente konstruktivizma. Trditev (Dijaki pišejo na

začetku obravnavanja novega poglavja predtest, s katerim ugotavljam njihovo predznanje, predstave in izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo sledila.) opredeljuje sistematično ugotavljanje predznanja, izkušenj in predstav in je značilna za konstruktivistični pristop k pouku.

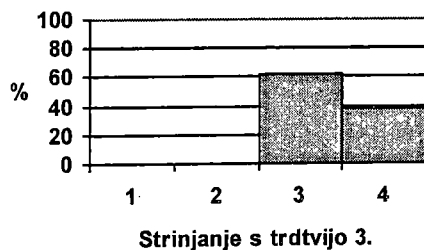
1. Dijake vzpodbujam, da povedo svoje izkušnje, ki so v zvezi z obravnavano snovjo.



2. Dijaki pišejo na začetku obravnavanja novega poglavja predtest, s katerim ugotavljam njihovo predznanje, predstave in izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo sledila.



3. Predznanje, predstave ter izkušnje ugotavljam tako, da postavljam vprašanja celemu razredu.

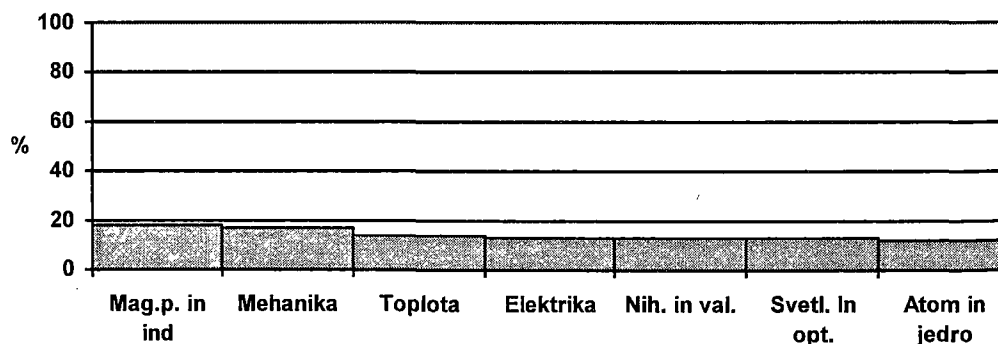


Slika 10.3: Analiza odgovorov učiteljev o ponujenih trditvah o načinu ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj dijakov v zvezi s snovjo, ki bo pri pouku obravnavana. Št. 1 pomeni, da se anketiranec s trditvijo ne strinja, št. 4 pa pomeni, da se anketiranec popolnoma strinja s trditvijo.

Analiza odgovorov kaže, da se 75% učiteljev, ki so sodelovali v anketi popolnoma strinja s trditvijo, da pri svojem pouku vzpodbujajo dijake, da povedo svoje izkušnje v zvezi s snovjo, ki bo sledila. Delno se s to trditvijo strinja 19% učiteljev, popolnoma pa ji ne nasprotuje nihče. Učitelji torej dobro vzpodbujajo dijake k izkazovanju izkušenj. To delajo predvsem tako, da postavljajo vprašanja celemu razredu. Tako ugotavlja predznanje 38% vprašanih učiteljev. Delno velja ta trditev o ugotavljanju predznanja za preostalih 62% anketirancev. Nihče tej trditvi niti popolnoma niti delno ne nasprotuje. Učitelji pri pouku redkeje ugotavljajo predznanje, predstave in izkušnje sistematično s predtestom, saj je kar 88% anketiranih učiteljev odgovorilo, da takega načina ugotavljanja predznanja ne uporabljajo. Analiza odgovorov kaže, da anketirani učitelji ugotavljajo predznanje, izkušnje in predstave dijakov, povezane s snovjo, ki bo šele sledila predvsem s pogovorom v razredu.

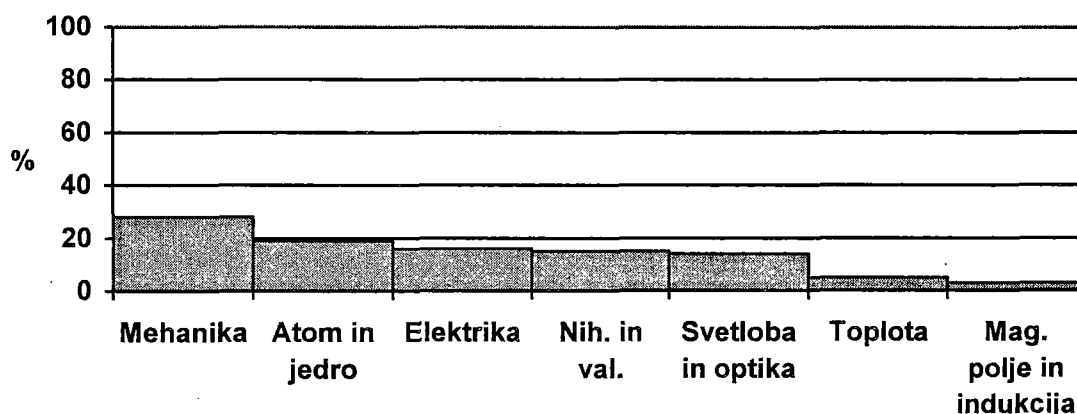
III. RAZUMEVANJE RAZLIČNIH POGlavIJ FIZIKE

Vprašanja v tem delu anketnega vprašalnika sprašujejo po mnenju učiteljev o težavah z razumevanjem vsebin iz različnih poglavij fizike, ki jih obravnavamo v gimnaziji (Slika 10.4), o tem, pri katerem poglavju opravijo učitelji največ demonstracijskih eksperimentov ter pri katerih poglavjih opravijo dijaki največ eksperimentalnih vaj.



Slika 10.4: Razporeditev srednješolskih poglavij fizike glede pogostosti težav z razumevanjem vsebin po mnenju učiteljev.

Učitelji menijo, da po pogostosti pri težavah z razumevanjem izstopajo vsebine iz magnetnega polja in indukcije ter mehanike. Učitelji menijo, da vsebine iz nihanja in valovanja glede pogostosti težav z razumevanjem ne izstopajo od drugih vsebin. Približno enako težav z razumevanjem kot pri vsebinah iz nihanja in valovanja imajo dijaki tudi pri vsebinah iz toplote, elektrike ter svetlobe in optike. Po mnenju učiteljev imajo dijaki najmanj težav z razumevanjem vsebin iz atomike in jedra.

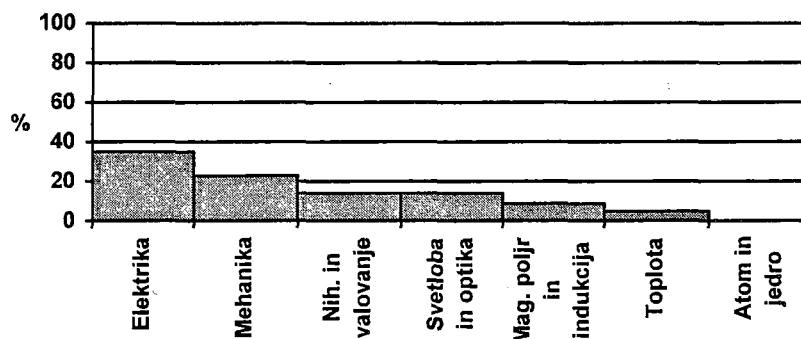


Slika 10.5: Razporeditev poglavij glede na to, koliko so po mnenju učiteljev zanimive za dijake.

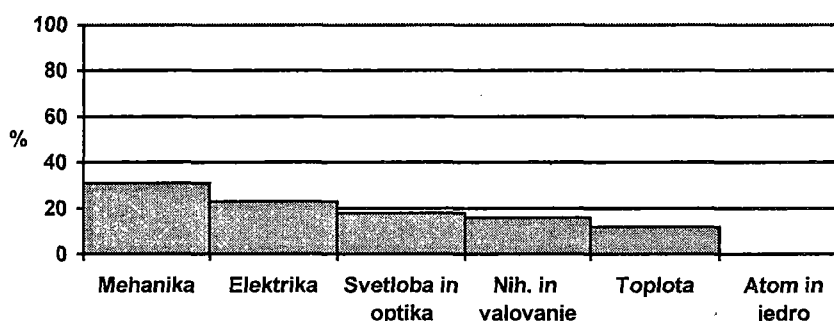
Po mnenju učiteljev so za dijake najbolj zanimive vsebine iz mehanike. Vsebine iz nihanja in valovanja so učitelji uvrstili med srednje zanimiva poglavja, med katerimi so tudi vsebine iz atomike in jedra, elektrike ter svetlobe in optike. Učitelji menijo, da so za dijake najmanj zanimive vsebine iz toplote ter magnetnega polja in indukcije (Slika 10.5).

Učitelji pokažejo največ demonstracijskih eksperimentov pri elektriki, približno tretjino manj pri mehaniki, pri nihanju in valovanju ter optiki približno dvakrat manj kot pri elektriki, pri magnetnem polju in indukciji pa približno trikrat manj kot pri elektriki, še manj poskusov pokažejo pri toploti, pri atomski fiziki in jedru pa nič (Slika 10.6). Analiza odgovorov kaže, da poglavji

Nihanje in Valovanje ne izstopata od drugih poglavji fizike ne navzgor ne navzdol po številu opravljenih demonstracijskih eksperimentov.



Slika 10.6: Razporeditev poglavij glede na število demonstracijskih eksperimentov.



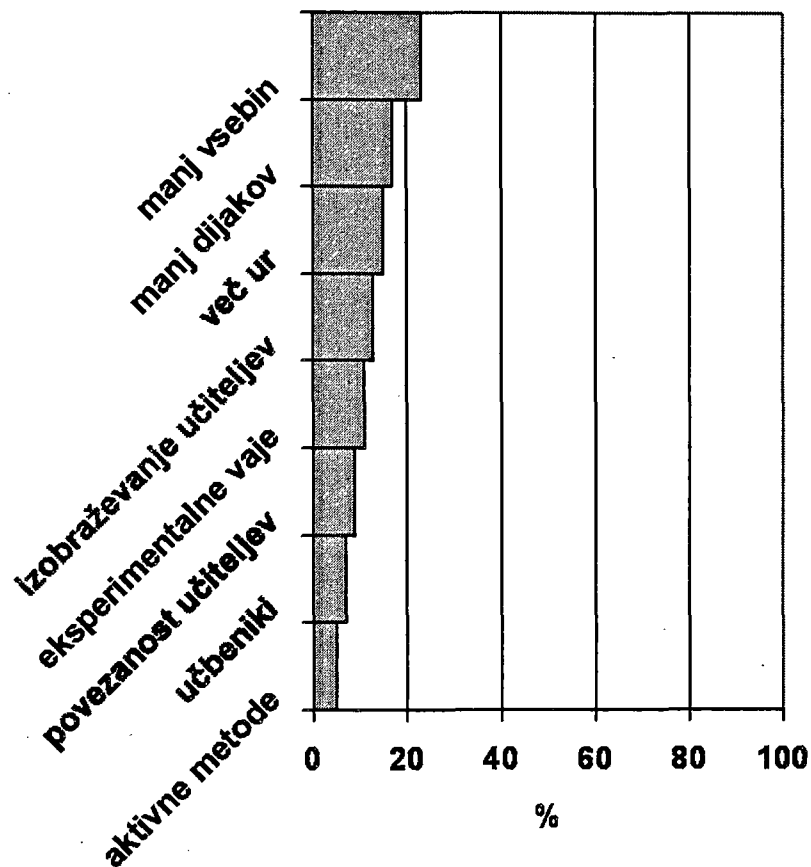
Slika 10.7: Razporeditev poglavij glede na število eksperimentalnih vaj, ki jih opravijo dijaki.

Dijaki opravijo največ eksperimentalni vaj pri mehaniki, sledi električna, nato svetloba in optika, nihanje in valovanje ter toplota (Slika 10.7).

Analiza odgovorov kaže, da poglavji Nihanje in Valovanje ne odstopata od ostalih poglavji fizike po številu eksperimentalnih vaj, ki jih opravijo dijaki.

Ugotavljam, da poglavji Nihanje in Valovanje ne odstopata od drugih poglavji fizike niti po težavah z razumevanjem vsebin, niti po številu opravljenih demonstracijskih eksperimentov, niti po številu laboratorijskih vaj.

IV. SPREMEMBE PRI POUKU



Slika 10.8: Spremembe pri pouku, ki bi po mnenju učiteljev zmanjšale težave z razumevanjem fizikalnih vsebin.

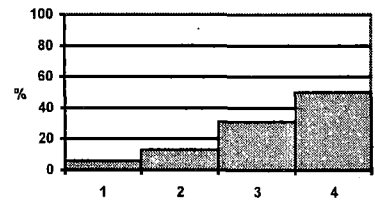
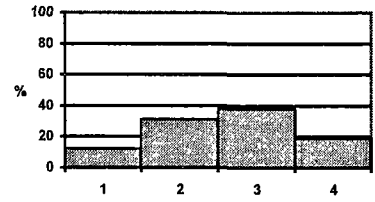
Učitelji menijo, da bi dijaki pri pouku dosegli boljše razumevanje vsebin, če bi skrčili obseg vsebin, ki jih poučujemo oziroma če bi imeli pri danih vsebinah na voljo za fiziko več ur pouka. Boljše razumevanje bi dosegli tudi, če bi bilo v razredu manjše število dijakov. Sledi dodatno izobraževanje učiteljev, večje število eksperimentalnih vaj, sodelovanje med učitelji, drugačni učbeniki. Učitelji so zapisali, da bi bile lahko vsebine v učbeniku razdeljene na nivoje a,b, in c tako kot v učnem načrtu oziroma da bi imeli ob učbeniku tudi priročnik za učitelje, ki bi vseboval predvsem primere iz vsakdanjega življenja. Prav na rep lestvice pa so učitelji uvrstili aktivne metode pouka kot možno spremembo, s katero bi dosegli, da bi dijaki bolje razumeli fizikalne vsebine (Slika 10.8).

Analiza odgovorov učiteljev kaže, da iščejo učitelji vzroke za težave dijakov z razumevanjem fizikalnih vsebin najprej v zunanjih dejavnikih – premajhnem številu ur pouka, prevelikem obsegu vsebin, prevelikem številu dijakov v razredu, šele nato začnejo razmišljati o svojem delu in usposobljenosti za poučevanje. Sklepam, da učitelji niso dovolj izkoristili in raziskali možnosti uporabe različnih metod poučevanja za zmanjševanje težav z razumevanjem.

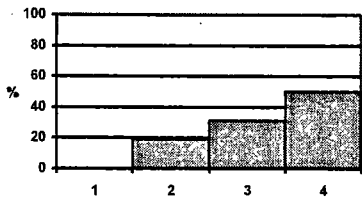
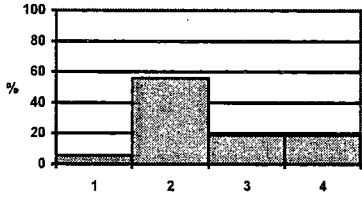
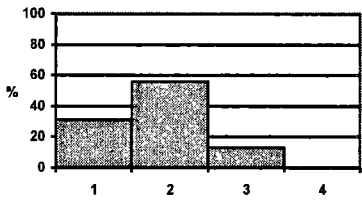
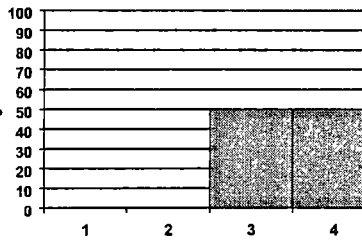
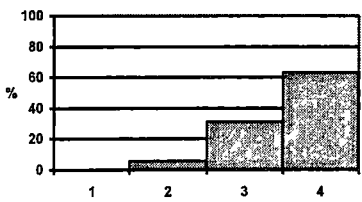
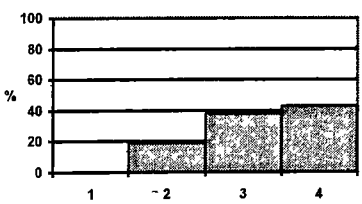
V. RAZUMEVANJE POGLAVIJ NIHANJE IN VALOVANJE

V tem delu anketnega vprašalnika so učitelji odgovarjali na trditve, v kolikšni meri usvojijo po njihovem mnenju njihovi dijaki cilje iz nihanja in valovanja, ki so zapisani v učnem načrtu. Analiza je narejena tako, da je pri posameznem cilju v procentih zapisano, v kolikšni meri usvojijo dijaki po mnenju učiteljev predstavljene cilje (Tabela 10.1).

Tabela 10.1: Tabela kaže, v kolikšni meri usvojijo dijaki po mnenju učiteljev cilje iz nihanja in valovanja, ki so zapisani v učnem načrtu. Številka 4 pomeni, da cilje usvojijo skoraj vsi dijaki, številka 1, pa da jih usvoji le majhno število.

1	Dijak zna grafično prikazati časovno spreminjanje odmika pri sinusnem nihanju in iz grafa odmika v odvisnosti od časa določiti amplitudo, frekvenco in nihajni čas.	 <table border="1"> <caption>Data for Chart 1</caption> <thead> <tr> <th>Level</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table>	Level	Percentage (%)	1	5	2	10	3	30	4	55
Level	Percentage (%)											
1	5											
2	10											
3	30											
4	55											
2	Dijak zna iz grafa odmika v odvisnosti od časa preiti na grafa hitrosti in pospeška v odvisnosti od časa.	 <table border="1"> <caption>Data for Chart 2</caption> <thead> <tr> <th>Level</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Level	Percentage (%)	1	10	2	30	3	35	4	25
Level	Percentage (%)											
1	10											
2	30											
3	35											
4	25											

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

3	Dijak zna opisati razloge za dušeno nihanje in grafično prikazati časovni potek odmika pri dušenem nihanju.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	0	2	15	3	30	4	45
Grade	Percentage (%)											
1	0											
2	15											
3	30											
4	45											
4	Dijak zna pojasniti vsiljeno nihanje, pojasniti pojav resonance, navesti nekaj primerov in skicirati resonančno krivuljo.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	5	2	55	3	15	4	15
Grade	Percentage (%)											
1	5											
2	55											
3	15											
4	15											
5	Dijak zna uporabiti II. Newtonov zakon pri določanju nihajnega časa nihala na vijačno vzmet.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	30	2	55	3	10	4	5
Grade	Percentage (%)											
1	30											
2	55											
3	10											
4	5											
6	Dijak zna pojasniti pojem motnje, hitrost potovanja motnje, opisati longitudinalno in transverzalno valovanje in naštetih primere obeh vrst valovanj.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	0	2	0	3	50	4	50
Grade	Percentage (%)											
1	0											
2	0											
3	50											
4	50											
7	Dijak zna grafično prikazati trenutno sliko potujočega sinusnega valovanja in na njej določiti amplitudo in valovno dolžino.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	0	2	5	3	30	4	60
Grade	Percentage (%)											
1	0											
2	5											
3	30											
4	60											
8	Dijak zna razložiti lom valovanja.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grade</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Grade	Percentage (%)	1	0	2	15	3	35	4	40
Grade	Percentage (%)											
1	0											
2	15											
3	35											
4	40											

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

9	Dijak zna razložiti uklon valovanja.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>55</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage (%)	1	5	2	10	3	30	4	55
Rating	Percentage (%)											
1	5											
2	10											
3	30											
4	55											
10	Dijak zna pojasniti nastanek in lastnosti stoječega valovanja ter pojma vozela in hrbeta.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage (%)	1	15	2	35	3	30	4	20
Rating	Percentage (%)											
1	15											
2	35											
3	30											
4	20											
11	Dijak zna z zaporednimi slikami prikazati gibanje delcev snovi pri potujočem in pri stojećem valovanju.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage (%)	1	10	2	30	3	50	4	10
Rating	Percentage (%)											
1	10											
2	30											
3	50											
4	10											
12	Dijak zna računsko določiti smeri ojačanih curkov pri interferenci valovanj iz dveh točkastih virov, ki nihata na enak način.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage (%)	1	10	2	50	3	30	4	10
Rating	Percentage (%)											
1	10											
2	50											
3	30											
4	10											
13	Dijak zna pojasniti lastna nihanja strune in kvalitativno povezati frekvenco strune s silo, s katero je napeta.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage (%)	1	5	2	35	3	45	4	15
Rating	Percentage (%)											
1	5											
2	35											
3	45											
4	15											

Analiza odgovorov kaže, da imajo po mnenju učiteljev dijaki največ težav z usvajanjem ciljev v zvezi z nastankom stoječega valovanja, sledi računsko določanje ojačanih curkov pri interferenci ter pojasnjevanje lastnih nihanj strune.

Učitelji so še odgovarjali na vprašanje, katere vsebine iz nihanja in valovanja so po njihovem mnenju za dijake najbolj zanimive. Učitelji so imeli na voljo še odprto vprašanje o tem, s katerimi vsebinami imajo dijaki največ težav z razumevanjem iz poglavij nihanje in valovanje (Tabela 10.2).

Odgovori učiteljev o težavah z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja ter odgovori o zanimivosti vsebin bodo kasneje primerjani z odgovori učencev.

Učitelji menijo, da je iz vsebin nihanja in valovanja za dijake najbolj zanimiva resonanca. Na drugo mesto so postavili stoječe valovanje, čeprav menijo, da imajo dijaki težave z razumevanjem tega pojava, sledi zvok, Dopplerjev pojav, interferenca, pri kateri imajo dijaki po mnenju učiteljev tudi težave z razumevanjem. Na visoko mesto po pogostosti težav so učitelji sedaj uvrstili tudi uporabo II Newtonovega zakona pri določanju nihajnih časov nihaj, česar pri odgovorih o težavah z usvajanjem ciljev niso postavili tako visoko. Učitelji menijo, da so nekatere vsebine za dijake zanimive, četudi jih ne razumejo dobro.

Tabela 10.2 : Odgovori učiteljev glede razumevanja vsebin iz nihanja in valovanja ter o zanimivosti omenjenih vsebin.

NAJBOLJ ZANIMIVE VSEBINE	%
resonanca	33
stoječe valovanje	15
zvok	15
Dopplerjev pojav	11
interferenca	11
lom svetlobe	6
lastni nihajni časi nihaj	4
uklon	3
valovanje na vodni površini	1
grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	1

NAJVEČ TEŽAV Z RAZUMEVANJEM	%
interferenca	24
sile pri nihanju	20
stoječe valovanje	14
potujoče valovanje	12
uklon	10
Dopplerjev pojav	6
grafični prikazi $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$	6
resonanca	5
vsiljeno nihanje	5

Učitelji so kot vsebine, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem pri nihanju in valovanju opredelili vsebine, ki so kognitivno zahtevnejše, na primer interferenco. Za razumevanje interference valovanja morajo dijaki prej usvojiti seštevanje motenj v eni dimenziji in usvojeno znanje prenesti na seštevanje valovanj v dveh dimenzijah.

10.2.3 ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – DIJAKI

Namen ankete o pouku fizike med dijaki je bil ugotoviti, kako postopajo dijaki, če česa pri pouku fizike ne razumejo. To sem ugotavljala tako, da sem jim ponudila niz šestih trditev. Trditve sem izbrala glede na odgovore, ki so mi jih v diskusijah in pogovorih posredovali dijaki sami. Zanimalo me je predvsem, ali dijaki iščejo pomoč ob težavah z razumevanjem pri učitelju, sošolcih, učbenikih ali inštruktorjih. Zanimalo me je še, kakšen naj bo po mnenju dijakov pouk, da bodo imeli manj težav z razumevanjem. V zvezi s tem sem jim ponudila šest različnih trditev. Dve izmed trditev (Učitelj razlaga,

izvede demonstracijski eksperiment, zapisuje na tablo, učenci poslušajo in prepisujejo. Učitelj snov razloži, potem pa sam reši še nekaj računskih nalog.) opisujeta način poučevanja, v katerem prevladujejo tradicionalni elementi poučevanja. Dva zapisa (Učitelj razlaga, vmes postavlja učencem vprašanja, učenci sodelujejo pri razlagi. Učitelj snov razloži, potem pa učenci rešujejo računske naloge.) opisujeta način pouka, ki temelji na tradicionalnem pristopu, vendar vsebuje tudi elemente konstruktivizma. Ena trditev (Učenci po skupinah izvajajo laboratorijske vaje in sami ugotavljajo zakonitosti med količinami, ki jih merijo.) pa opisuje konstruktivistično metodo.

V vprašalniku so bila tudi konkretna vprašanja o vsebinah iz nihanja in valovanja, o njihovi zanimivosti oziroma vsebinah, s katerimi so imeli največ težav z razumevanjem.

Analiza odgovorov je pokazala, s katerimi vsebinami iz nihanja in valovanja imajo dijaki največ težav z razumevanjem. Primerjava odgovorov dijakov z odgovori učiteljev pa je pokazala ali so učitelji opredelili iste vsebine iz nihanja in valovanja, s katerimi imajo dijaki težave z razumevanjem, kot so jih opredelili dijaki.

ANKETNI VPRAŠALNIK O POUKU FIZIKE – DIJAKI

I. SPLOŠNA VPRAŠANJA

Kaj najpogosteje narediš, če pri pouku fizike česa ne razumeš? Obkroži najustreznejšo trditev.

- a.) Že med poukom prekinem učitelja in ga prosim, da vsebino dodatno razloži.
- b.) Doma pogledam v učbenik in poskušam problem sam razrešiti.
- c.) Za pomoč pri razlagi poprosim sošolca.
- d.) Pomoč dobim pri inštruktorju.
- e.) Vsebine, ki jih ne razumem, se poskušam naučiti na pamet.
- f.) Vsebine, ki jih ne razumem, preprosto preskočim.

Kakšen naj bi bil po tvojem mnenju način poučevanja fizike, da bi vsebine bolj razumel? Načine poučevanja označi s številkami od 1 do 6. S številko 1 označi najprimernejši način poučevanja fizike, s št. 6 pa najmanj primernega. Trditve, ki sledijo razvrsti s številkami od 1 do 6.

___ Učitelj razlaga, izvede demonstracijski poskus, zapisuje na tablo, učenci poslušajo in prepisujejo.

___ Učitelj razlaga, vmes postavlja učencem vprašanja, učenci sodelujejo pri razlagi.

___ Učitelj snov razloži, potem pa učenci rešujejo računske naloge.

___ Učitelj snov razloži, potem pa sam reši še nekaj računskih nalog.

___ Učenci po skupinah izvajajo laboratorijske vaje in sami ugotavljajo zakonitosti med količinami, ki jih merijo.

___ Vseeno mi je, kako poteka pouk v šoli, saj se potem doma sam naučim iz učbenika.

___ Tvoj predlog:

II. VPRAŠANJA NA TEMO NIHANJE IN VALOVANJE

Katere vsebine iz nihanja in valovanja so bile najbolj zanimive?

S katerimi vsebinami iz nihanja in valovanja si imel največ težav za razumevanjem?

Katere vsebine iz nihanja in valovanja si razumel brez težav?

10.2.4 ANALIZA ANKETNEGA VPRAŠALNIKA - DIJAKI

Na vprašanja anketnega vprašalnika Anketni vprašalnik o pouku fizike – dijaki, je odgovarjalo 188 dijakov na 6 različnih gimnazijah v Sloveniji, ki obiskujejo drugi ali tretji letnik, torej zajemajo celotno populacijo dijakov. Z anketo sem ugotavljala, kako reagirajo dijaki ob težavah z razumevanjem, kakšen je po njihovem mnenju najprimernejši način poučevanja, da imajo čim manj težav z razumevanjem, ter s katerimi vsebinami iz nihanja in valovanja so imeli največ težav z razumevanjem.

I. SPLOŠNA VPRAŠANJA

Vprašanja v splošnem delu anketnega vprašalnika ugotavljajo, kako ukrepajo dijaki, če vsebin pri pouku fizike ne razumejo. Dijakom je bilo ponujenih šest različnih ukrepanj ob nerazumevanju vsebin pri pouku fizike. Rezultate odgovorov kaže Tabela 10.3.

Tabela 10.3: Načini ukrepanja dijakov, v primeru, ko pri pouku fizike česa ne razumejo.

NAČINI UKREPANJA		DELEŽ DIJAKOV (%)
b	Doma pogledam v učbenik in poskušam problem sam razrešiti	34
c	Za pomoč pri razlagi poprosim sošolca.	33
a	Že med poukom prekinem učitelja in ga prosim, da vsebino dodatno razloži.	21
d	Pomoč dobim pri inštruktorju.	5
f	Vsebine, ki jih ne razumem, preprosto preskočim.	5
e	Vsebine, ki jih ne razumem, se poskušam naučiti na pamet.	4

Analiza odgovorov dijakov kaže, da si ob težavah z razumevanjem snovi najpogosteje pomagajo z učbenikom oziroma prosijo za pomoč sošolca. Šele na tretjem mestu je pomoč učitelja, ostale ponujene možnosti: pomoč inštruktorja, učenje na pamet ter to, da nerazumljive snovi preprosto preskočijo ali se jo naučijo na pamet, so zastopane v veliko manjši meri. Analiza kaže na pomembnost kvalitetnih učbenikov. Pri obstoječih učbenikih pa je pomembno sodelovanje med dijaki ter pomoč učitelja.

Z odgovori na naslednje vprašanje so dijaki povedali, kakšen je po njihovem mnenju način poučevanja fizike, pri katerem po njihovem mnenju ne bi imeli težav z razumevanjem. Dijakom je bilo ponujenih šest opisov oblike pouka. Razvrstili so jih od najprimernejše (1) do najmanj primerne (Tabela 10.4) glede na pogostost težav z razumevanjem.

Tabela 10.4: Razvrstitev oblik pouka, ki bi zmanjšale težave z razumevanjem po mnenju dijakov.

NAČINI POUKA	PRIMERNOST (%)
Učitelj razlaga, izvede demonstracijski poskus, zapisuje na tablo, učenci poslušajo in prepisujejo.	23
Učitelj razlaga, vmes postavlja učencem vprašanja, učenci sodelujejo pri razlagi.	22
Učitelj snov razloži, potem pa učenci rešujejo računske naloge.	16
Učitelj snov razloži, potem pa sam reši še nekaj računskih nalog.	16
Učenci po skupinah izvajajo laboratorijske vaje in sami ugotavljajo zakonitosti med količinami, ki jih merijo.	15
Vseeno mi je, kako poteka pouk v šoli, saj se potem doma sam naučim iz učbenika.	8

7% dijakov je ob tem vprašanju napisalo svoj predlog glede načina pouka, da bodo imeli manj težav za razumevanjem. 44% od teh je zapisalo: učitelj snov razloži, učitelj naredi nekaj nalog, nato rešujejo naloge dijaki, 36% je zapisalo: učitelj razloži snov, izvede eksperiment, postavlja vprašanja, zapisuje na tablo, učenci zapisujejo, poslušajo, sodelujejo, rešijo nekaj nalog z učiteljem, nato rešujejo naloge sami, po 10% dijakov pa je zapisalo: več poskusov, več samostojnega dela dijakov ter učitelj bi moral predstaviti snov na zanimiv način.

Po mnenju dijakov je glede učinkovitosti pouka v zvezi z razumevanjem najbolj primerna oblika poučevanja, pri kateri učitelj razlaga snov, izvede demonstracijski eksperiment, zapisuje na tablo, učenci pri tem delajo zapise v zvezke, poslušajo, oziroma učitelj med razlago postavlja učencem vprašanja in tako učenci sodelujejo. Po učinkovitosti sledita po mnenju dijakov načina poučevanja, ko učitelj snov razloži, potem pa učenci ali učitelj rešujejo računske primere ter pouk, pri katerem dijaki po skupinah izvajajo laboratorijske vaje in sami ugotavljajo zakonitosti med količinami, kijih merijo. Najmanj dijakov se strinja s trditvijo, da jim je vseeno, kakšen je pouk, saj se doma sami vse naučijo iz učbenikov.

Dijaki so kot učinkovito metodo pouka, ki vodi do manjših težav z razumevanjem izbrali metodo, ki je pretežno tradicionalna, vsebuje le nekatere elemente konstruktivizma. Odgovori kažejo verjetno na to, da dijaki drugačnih metod ne poznajo.

II. VPRAŠANJA NA TEMO NIHANJE IN VALOVANJE

Dijaki so odgovarjali na vprašanja, katere vsebine iz nihanja in valovanja so bile zanje najbolj zanimive, ter pri katerih so imeli največ težav z razumevanjem (Tabela 10.5).

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Dijaki so kot zanimive vsebine navedli resonanco, zvok, interferenco, nihajne čase nihal. Zanimivo, da je, da so na prvo mesto glede težav z razumevanjem navedli interferenco, čeprav se jim zdi ta pojav zanimiv. Na seznamu vsebin, s katerimi imajo težave z razumevanjem je tudi resonanca, stoječe valovanje, valovni pojavi in nihajni časi nihal. Analiza odgovorov kaže, da se določeni pojavi zdijo dijakom zanimivi, čeprav jih ne razumejo. Torej ni neposredne zveze med tem, da je za dijake nek pojav zanimiv zato, ker razumejo, kaj se pri njem dogaja. Analiza odgovorov kaže, da so dijaki na prvo mesto postavili interferenco ter resonanco, pri katerih pride do presenetljivega dogajanja: pri interferenci valovanja, ki izhaja iz dveh točkastih virov na vodni površini opazimo pasove ojačitve in oslabitve, pri resonanci pa se pri pravi frekvenci vzbujanja nihala amplituda nihanja močno poveča. Za to, da se dijakom zdi nekaj zanimivo, razumevanje ni potrebno.

Tabela 10.5: Odgovori dijakov glede zanimivosti ter težav z razumevanjem vsebin iz nihanja in valovanja.

ZANIMIVE VSEBINE	DELEŽ (%)
brez odgovora	32
vse so nezanimive	13
resonanca	11
zvok	8
interferenca	7
nihajni časi nihal	7
nihala	6
stoječe valovanje	6
Dopplerjev pojav	4
posamezni primeri	6

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

TEŽAVE Z RAZUMEVANJEM	DELEŽ (%)
vse razumem	32
brez odgovora	32
interferenca	15
nič ne razumem	6
resonanca	4
stoječe valovanje	4
valovni pojavi	4
nihajni časi nihaj	3

10.3 DODATEK C

Dodatek C vsebuje primerjavo tradicionalnega pristopa z elementi konstruktivizma in konstruktivističnega pristopa k pouku. V Dodatku C je najprej predstavljena splošna primerjava med omenjenima pristopoma k pouku, sledita predstavitvi tradicionalnega pristopa z elementi konstruktivizma in konstruktivističnega pristopa k poučevanju vsebin iz nihanja. Oba pristopa sta zapisana v obliki učnih priprav. Dodatek C vsebuje tudi komentarje k poteku posamezne učne ure, ki je bila izvedena s konstruktivistično metodo.

10. 3. 1 PRIMERJAVA TRADICIONALNEGA PRISTOPA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA IN KONSTRUKTIVISTIČNEGA PRISTOPA K POUKU

V tem podpoglavju so kratko predstavljene razlike med tradicionalnim poukom z elementi konstruktivizma in konstruktivistično metodo poučevanja po posameznih sekvencah učne ure: uvodu, jedru in zaključku.

TRADICIONALNI PRISTOP Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA	KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP
<p>Uvod</p> <p>Namenjen je predvsem ponovitvi že obdelane snovi, ki jo morajo dijaki obvladati, da bodo sledili razlagi. Učitelj navadno izvede demonstracijski eksperiment, ga razloži, vpelje pomembna poimenovanja in definira količine.</p>	<p>Uvod</p> <p>Namenjen je preverjanju predznanja, ne le ponavljanju vsebin, ki so temeljne za obravnavo nove snovi. V uvodu v novo poglavje učitelj demonstrira poskuse, ki jih ne razloži, ampak z njimi samo vzbudi radovednost pri dijakih.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Jedro</p> <p>Učitelj je predvsem posredovalec, prenašalec nove snovi, nove vsebine posreduje sam tako, da jih razlaga ter ključna dejstva napiše na tablo. Dijaki pri obravnavi nove snovi sodelujejo predvsem z odgovori na vprašanja učitelja.</p>	<p>Jedro</p> <p>Učitelj postavi vprašanje, izpostavi problem, dijaki iščejo rešitve in odgovore. Rešitve lahko iščejo samostojno, v parih, po skupinah, običajno z eksperimentom. Dijaki svoje rešitve problema predstavijo ter ob debati poiščejo najustreznejšo rešitev, s katero se strinjajo vse skupine. Učitelj sproti spremlja delo posameznikov oziroma skupin, poskrbi za jasne povzetke ter vpelje nove pojme in definira fizikalne količine.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Utrjevanje in preverjanje z računskimi primeri. Dijaki običajno rešujejo naloge iz učbenika.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Utrjevanje z raznovrstnimi nalogami, ki preverjajo ali so dijaki zastavljene cilje dosegli (dijaki predstavijo lastne primere, rešujejo naloge, ki so povezane z vsakdanjim življenjem, načrtujejo in izvajajo različne eksperimente, rešujejo tudi računske naloge).</p>

10.3.2 TRADICIONALNA OBRAVNAVA CILJEV IZ NIHANJA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA

V podpoglavju je predstavljena obravnavna ciljev iz učnega načrta za fiziko iz poglavja Nihanje s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Na tak način sem obravnavala cilje iz nihanja preden sem začela z razvojem

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

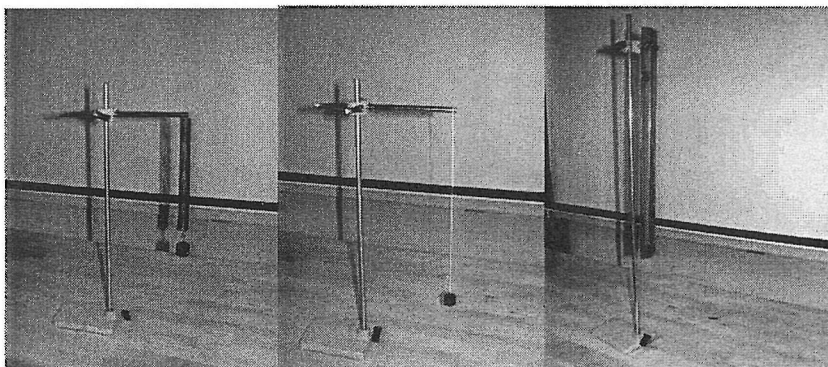
konstruktivistične metode, približno tako jih obravnavajo tudi kolegi, s katerimi sem o tej tematiki diskutirala.

1. ura

Cilji: dijak zna opisati nihanje in nihala; povezati pojma nihajni čas in frekvenca; definirati pojem ravnovesna in amplitudna lega, narisati sled nihanja

Potrebščine:

Vzmetno, matematično, težno nihalo.



UČITELJ	UČENCI
Uvod Pokaže nihanje različnih nihala: vzmetno, matematično, težno... ter napove, da bodo v nadaljevanju obravnavali novo vrsto gibanja-nihanje.	Uvod Učenci opisujejo gibanje opazovanih nihala.
Jedro Vpelje pojme: odmik, amplituda, ravnovesna lega, nihajni čas, frekvenca ter predstavi matematično in vzmetno nihalo. Pove razliko med dušenim in	Jedro Pišejo zapiske.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

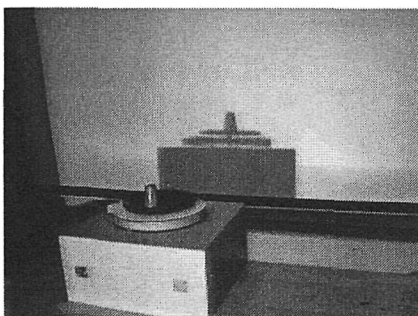
nedušenim nihanjem. Pojasni, da nihanje opišemo tako, da povemo, kako se s časom spreminja odmik od ravnovesne lege in nariše sled sinusnega nihanja.	Prerišejo sled nihanja v zvezke.
Zaključek Preverja razumevanje novih pojmov z nalogami: <ul style="list-style-type: none">- branje amplitude, nihajnega časa ter določanje frekvence iz danih sledi sinusnega nihanja- risanje sledi sinusnega nihanja pri različnih začetnih pogojih- spreminjanje frekvence in amplitude danim sledem nihanja.	Zaključek Dijaki rešujejo naloge.

2. ura

Cilji: dijak zna opisati nihanje kot projekcijo enakomernega kroženja in narisati grafe $v(t)$ ter $a(t)$ za sinusno nihanje

Potrebščine:

Vrteča plošča s kocko (ali drugim telesom), grafoskop.



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovitev pojmov odmik, amplituda, nihajni čas in frekvenca z vprašanji: kaj je odmik, kaj amplituda, kako je definirana frekvenca?</p>	<p>Uvod</p> <p>Dijaki odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Predstavi nihanje kot projekcijo enakomernega kroženja.</p> <p>Na tablo nariše skico projekcije enakomernega kroženja ter nariše grafe $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$.</p> <p>Z enačbami poveže s, v in a oziroma s_0, v_0 in a_0.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo eksperiment.</p> <p>Prerišejo skice.</p> <p>Pišejo zapiske.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Preverja razumevanje nove snovi z nalogami iz učbenika:</p> <ul style="list-style-type: none"> • danemu grafu $s(t)$, $v(t)$ ali $a(t)$ narišejo preostala dva • računski primeri, v katerih uporabijo enačbe za s, v in a. 	<p>Zaključek</p> <p>Dijaki rešujejo naloge.</p>

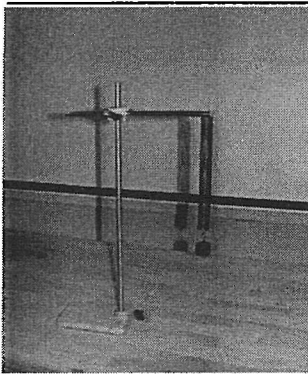
3. ura

Cilji: dijaki znajo izpeljati enačbo za nihajni čas matematičnega in vzmetnega nihala z uporabo II. Newtonovega zakona

Potrebščine:

Vzmetno nihalo.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod Ponovitev pojmov nihajni čas in frekvenca: kaj je nihajni čas, kako izračunamo frekvenco?</p>	<p>Uvod Odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro Pokaže nihanje vzmetnega nihala. Izpelje enačbi za nihajni čas matematičnega ter vzmetnega nihala z uporabo II. Newtonovega zakona.</p>	<p>Jedro Sodelujejo pri izpeljavi in pišejo zapiske.</p>
<p>Zaključek Preverjanje razumevanja nove snovi in uporabe enačb za nihajni čas matematičnega ter vzmetnega nihala z reševanjem računskih nalog iz učbenika.</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>

4. ura

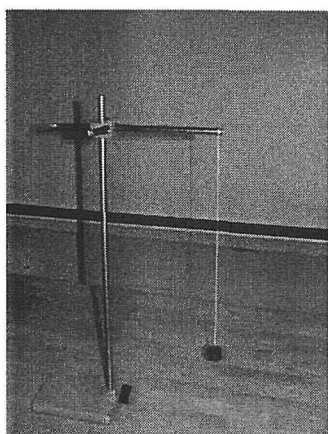
Cilji: eksperimentalno preverjanje odvisnosti nihajnega časa matematičnega nihala od dolžine vrvica ter mase obešene uteži

Dijaki izvajajo eksperiment po navodilih v skupini ter izdelajo poročilo o delu. Potrebščine so navedene v navodilu.

Navodilo:

NIHAJNI ČAS MATEMATIČNEGA NIHALA

1. NALOGA: preveri odvisnost nihajnega časa matematičnega nihala od dolžine vrvica ter od mase uteži.
2. POTREBŠČINE: stojalo, vrvica, 5 uteži, meter, štoparica.
3. SKICA:



4. MERITEV:
 - a. Preverjanje odvisnosti nihajnega časa od dolžine vrvica: pri nespremenjeni masi uteži spreminjaj dolžino vrvica. Pri petih različnih dolžinah vrvica izmeri čas 10 nihajev. Nihajni čas dobiš tako, da čas desetih nihajev deliš z 10. Meritve vnašaj v tabele. Nariši graf $t_0(l)$.
 - b. Preverjanje odvisnosti nihajnega časa od mase uteži: pri konstantni dolžini vrvica izmeri čas desetih nihajev pri petih različnih masah uteži. Nihajni čas dobiš tako, da čas desetih nihajev deliš z 10. Meritve vnašaj v tabele. Nariši graf $t_0(m)$.
5. REZULTATI IN INTERPRETACIJA:

5. ura

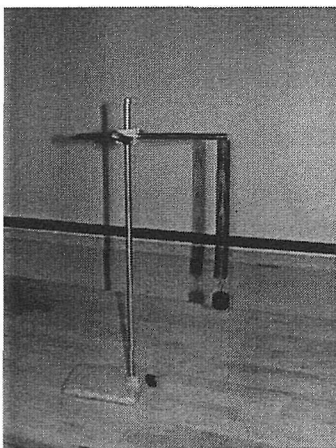
Cilji: eksperimentalno preverjanje odvisnosti nihajnega časa vzmetnega nihala od koeficienta vzmeti ter mase obešene uteži

Dijaki izvajajo eksperiment po navodilih v skupini ter izdelajo poročilo o delu. Potrebščine so navedene v navodilu.

Navodilo:

NIHAJNI ČAS VZMETNEGA NIHALA

1. NALOGA: Preveri odvisnost nihajnega časa vzmetnega nihala od koeficienta vzmeti ter mase obešene uteži.
2. POTREBŠČINE: stojalo, 5 različnih vzmeti, 5 uteži, meter, štoparica.
3. SKICA:



4. MERITVE:
 - a. Odvisnost nihajnega časa od koeficienta vzmeti: najprej izmerite koeficiente posamezne vzmeti. Na vzmet obešajte uteži, merite raztezek ter po Hookovem zakonu $F = kx$ izračunajte koeficient vzmeti.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Nato na vsako od petih vzmeti obesite utež z enako maso in izmerite čas desetih nihajev. Nihajni čas dobite tako, da čas desetih nihajev delite z 10. Meritve zapisujte v tabele. Narišite graf $t_0(\frac{1}{k})$.

- b. Odvisnost nihajnega časa od mase uteži: z izbrano vzmetjo izmerite čas desetih nihajev pri 5 različnih masah uteži. Meritve vpisujte v tabele. Narišite graf $t_0(m)$.

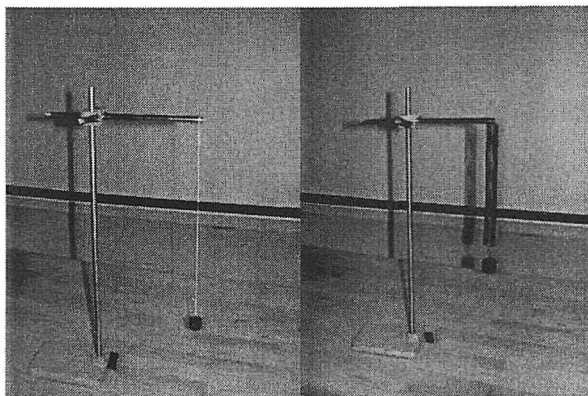
6. REZULTATI IN INTERPRETACIJA:

6. ura

Cilji: dijaki spoznajo energijo nihanja

Potrebščine:

Matematično, vzmetno nihalo



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovitev kinetične, potencialne ter prožnostne energije: kdaj ima telo kinetično, potencialno oz. prožnostno energijo, kako jih izračunamo?</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

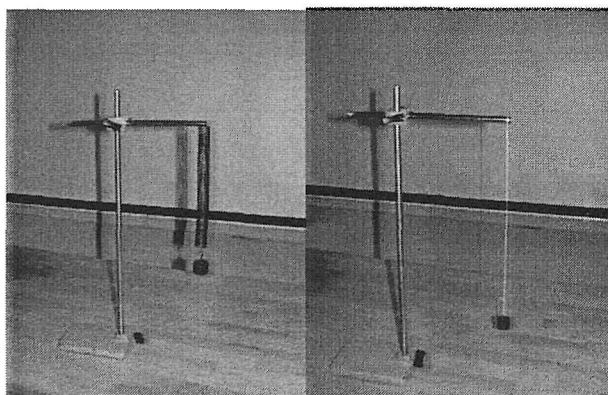
<p>Jedro</p> <p>Pokaže nihanje matematičnega nihala.</p> <p>Nariše grafa $W_k(t)$ in $W_p(t)$ ter graf celotne energije nihanja sinusnega nihanja v odvisnosti od časa.</p> <p>Demonstrira nihanje vzmetnega nihala v horizontalni legi.</p> <p>Nariše grafa $W_k(t)$ in $W_{pr}(t)$ ter graf celotne energije nihanja sinusnega nihanja v odvisnosti od časa.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opisujejo pretvarjanje kinetične v potencialno energijo in obratno.</p> <p>Prerišejo grafe in pišejo zapiske.</p> <p>Opisujejo pretvarjanje kinetične energije v prožnostno in obratno.</p> <p>Prerišejo grafe in pišejo zapiske.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Preverjanje razumevanja nove snovi in uporabe enačb za kinetično, potencialno ter prožnostno energijo v računskih nalogah (iz učbenika).</p>	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo naloge.</p>

7. ura

Cilji: dijaki znajo opisati razloge za dušeno nihanje in grafično prikazati časovni potek odmika pri dušenem nihanju

Potrebščine:

Poljubno nihalo (matematično, vzmetno).



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovitev: katere sile upočasnjujejo oz. zavirajo gibanje.</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Učitelj pokaže dušeno nihanje izbranega nihala in nariše graf $s(t)$.</p> <p>Pove, da se celotna energija dušenega nihanja zmanjšuje zaradi trenja in upora zraka ter da energija odteka v okolico.</p> <p>Pove, da se s časom manjša tudi amplituda, amplituda hitrosti in amplituda pospeška.</p>	<p>Jedro</p> <p>Učenci prepisujejo s table.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Dijaki rešujejo računske naloge iz učbenika.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo naloge.</p>

8. ura

Cilji: dijaki pojasnijo vsiljeno nihanje, pomen resonance ter navedejo nekaj primerov in skicirajo resonančno krivuljo

Potrebščine:

Kroglica, pritrjena na vrvici.

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže vsiljeno nihanje s pozibavanjem matematičnega nihala.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo eksperiment.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Jedro Pojasni, da je na nihalo deloval s periodično silo. Pove, da je amplituda nihanja odvisna od tega, kolikšna je frekvenca vzbujevalne sile v primerjavi s frekvenco nihala in skicira resonančno krivuljo.	Jedro Opazujejo, delajo zapiske.
Zaključek Navede še nekaj primerov resonance, ki je lahko problematična: viseči mostovi, korakanje vojakov čez most... Sledi utrjevanje z računskimi nalogami iz učbenika iz celotnega poglavja Nihanje.	Zaključek Pišejo zapiske in rešujejo naloge.

10.3.3 KONSTRUKTIVISTIČNA OBRAVNAVA CILJEV IZ NIHANJA

Konstruktivistična obravnava ciljev iz učnega načrta je predstavljena v obliki učnih priprav, ki so napisane za posamezne učne ure in so bile v večletnem postopku razvoja metode uporabljene in preizkušene. Najprej so v učnih pripravah zapisani cilji iz učnega načrta za nihanje, ki naj bi jih dijaki pri uri dosegli ter še seznam potrebščin, ki so potrebne za izvedbo učne ure. Učne priprave za vsako posamezno uro vsebujejo opis aktivnosti učitelja ter dijakov in so razdeljene na uvod, jedro in zaključek. V učnih pripravah so ob opisih aktivnosti dijakov zapisani tudi pogosti odgovori dijakov, ki sem jih evidentirala v postopku razvoja metode. Tako je lažje razumeti, zakaj so bila postavljena ravno predstavljena vprašanja in izbrane predstavljene aktivnosti.

Po učni pripravi za vsako posamezno uro je zapisan tudi komentar učne ure.

1. ura

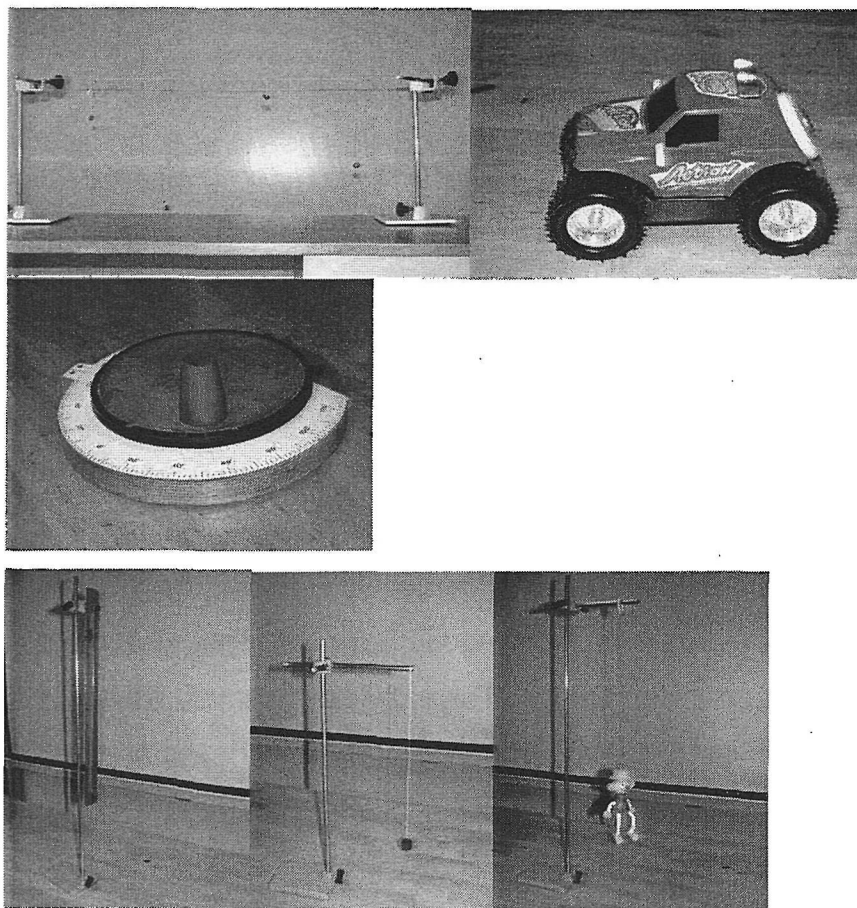
Dijaki so prejšnjo uro reševali Referenčni test iz nihanja. Učitelj je že naredil analizo odgovorov in na osnovi tega načrtuje učne priprave.

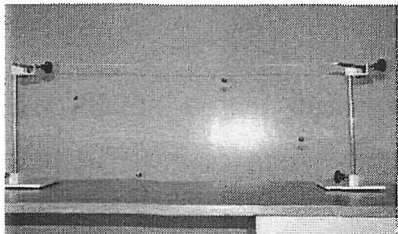
Cilji: dijak zna opisati nihanje in nihala; povezati pojma nihajni čas in frekvenca; definirati pojem ravnovesna lega in amplituda

Potrebščine:

Stojalo z matematičnimi nihali, ki se med seboj razlikujejo po dolžini vrvice, avtomobilček, krožeča plošča, kaotično nihalo, poljubno nihalo, posamezna matematična nihala z različnimi dolžinami vrvi, vzmetno nihalo.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



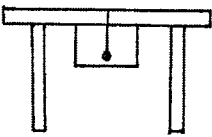
UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Kot motivacijski poskus v poglavje nihajne pokaže poskus z matematičnimi nihali, ki se med seboj razlikujejo po dolžini vrvic.</p>  <p>Z ustreznim vzbujevanjem doseže, da je enkrat v resonanci eno, drugič drugo nihalo.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo gibanja in jih komentirajo. Pogosti komentarji so: sila se po vodoravni vrvici prenaša do posameznih nihali.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Pokaže različna gibanja, na primer: premo gibanje avtomobilčka, kroženje okrogle plošče, nihanje kaotičnega nihala, nihanje igračke na vzmeti...</p> <p>Vprašanja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - primerjajte gibanja opazovanih teles - kaj je skupno gibanju plošče, kaotičnemu ter vzmetnemu nihalu, v čem se ta gibanja razlikujejo. 	<p>Opazujejo gibanja in odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pokaže nihanje kaotičnega nihala ter nihanje igračke na vzmeti.</p> <p>Vprašanja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - opišite gibanje teles, ki jih opazujete - razmislite, kako bi opisali gibanje, ki ga opazujete. <p>Opredeli dušeno in nedušeno nihanje. Povzame: na nihalu si za opazovanje izberemo točko, ki periodično spreminja lego ter si zamislimo, da ta točka niha nedušeno.</p> <p>Predstavi in pokaže nihanje matematičnega in vzmetnega nihala v vertikalni smeri.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo nihanje in odgovarjajo na vprašanja.</p> <p>Če odgovorijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - podstavek oz. stojalo mirujeta, ostali deli teles se gibljejo, postavi učitelj vprašanje: katero točko na nihalu si moramo izbrati za opazovanje, če želimo opisati nihanje. - vzmetno nihalo s pajackom se čez čas ustavi, kaotično pa ne, postavi učitelj vprašanje: zakaj se kaotično ne ustavi, vzmetno pa. <p>Opazujejo in odgovarjajo na</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Vprašanje: Opišite tisti del nihanja nihala, ki se ponavlja.</p> <p>Povzame: opredeli periodo nihanja, jo poimenuje nihaj ter vpelje pojem nihajni čas.</p> <p>Pokaže nihanje nekaj matematičnih nihal z različno dolžino vrvi ter enako maso.</p> <p>Vprašanje: razvrstite nihala po velikosti nihajnih časov. Katero nihalo naredi več nihajev v izbranem času?</p> <p>Definira frekvenco nihanja.</p> <p>Vprašanje: (še vedno ob opazovanju nihanja matematičnih nihal, ki se med seboj razlikujejo po dolžini vrvice): razvrstite nihala še po frekvenci.</p> <p>Demonstrira nihanje matematičnega in vzmetnega nihala v vertikalni smeri.</p> <p>Naloga: skicirajte lege nihal, ki se vam zdijo pomembne. Utemeljite odgovor.</p> <p>Naloga: opišite nihanje matematičnega in vzmetnega nihala s pojmi: odmik, amplituda, ravnovesna lega.</p>	<p>vprašanja.</p> <p>Če odgovorijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - od ene skrajne lege do druge, postavi učitelj vprašanje: razmislite, kakšna je smer hitrosti, ko gre nihalo na primer iz leve v desno oz., ko gre iz desne v levo. <p>Dijaki opazujejo nihanje nihal.</p> <p>Dijaki odgovarjajo na vprašanja.</p> <p>Če odgovorijo, da izbrano nihalo niha hitreje kot drugo, učitelj vpraša: kaj pomeni, da niha hitreje kot drugo.</p> <p>Dijaki opazujejo in odgovarjajo na vprašanja.</p> <p>Dijaki opazujejo in odgovarjajo na vprašanje.</p> <p>Če odgovorijo: osrednja lega, ker se tam nihalo na koncu ustavi ter skrajna lega, ker je utež takrat najbolj odmaknjena od osrednje lege, učitelj vpelje pojma amplituda,</p>
--	---

<p>Povzame: odmike ter amplitudo levo od ravnovesne lege bomo označevali s predznakom (-), desno pa s predznakom (+).</p>	<p>odmik in ravnovesna lega. Če opisujejo nihanje matematičnega nihala s pojmom: leva in desna amplituda ter vzmetnega zgornja in spodnja amplituda, učitelj vpraša: po čem se ti dve legi razlikujeta, da ju različno imenujete. Ali sta izraza leva oz. desna lega sploh ustrezna? Kaj velja za učitelja, ki stoji na drugi strani?</p>
<p>Zaključek Vprašanja in naloge: 1. Naštej nekaj periodičnih gibanj, ki so prisotna v naravi. Opredeži njihovo periodo. 2. Oceni nihajni čas svojega dihanja. 3. Oceni frekvenco svoje hoje in jo primerjaj s frekvenco pri teku. 4. Oceni amplitudo nihanja roke med hojo ter med tekom. 5. Kolikšna je frekvenca v s^{-1} dnevnega vrtenja Zemlje?</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge. Domača naloga: Prost konec vrvice, na katero si privezal radirko, pritrdi na mizo. Na mizo nalepi list z merilom.</p>  <p>Radirko zanihaj. Oceni amplitudo, nihajni čas in frekvenco. Zmanjšaj dolžino vrvice. Ponovi poskus. Pri tem pazi, da bo začetna amplituda enaka kot v prejšnjem primeru. Ali sta sedaj nihajni čas in frekvenca drugačna kot prej?</p>

Komentar učne ure

Ugotavljanje predznanja: odgovori dijakov na učiteljeva vprašanja pokažejo, kako dijaki prenašajo znanje, ki so ga usvojili pri premem gibanju in kroženju na opis nihanja (tir gibanja, pot, hitrost, pospešek...), katere izraze uporabljajo za opis nihanja (na primer: ponavljajoče gibanje, gibanje levo-desno oz. naprej-nazaj) . Učitelj med obravnavo snovi poveže pojme, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju z ustreznimi fizikalnimi.

Poskus z matematičnimi nihali z različnimi dolžinami vrvic je primeren za motivacijo zato, ker je enostaven, kasneje ga bodo dijaki ob pomoči učitelja sami razložili, hkrati pa dovolj učinkovit, da pri dijakih vzbudi zanimanje za snov.

Opazovanje gibanja avtomobilčka, kroženja plošče ter nihanja različnih nihali je primerno zato, da dijaki povežejo in nadgradijo znanje o gibanju, ki so ga usvojili pri obravnavi premega gibanja in kroženja na nihanje.

Vprašanja, ki jih postavlja učitelj v uvodu so zastavljena tako, da ne preverjajo le prepoznavanja in pomnjenja količin in vsebin, ki so osnova za doseganje novih ciljev, ampak odgovori nanje kažejo, kako dijaki prenašajo že usvojeno znanje v nove situacije, kako povezujejo stare koncepte z novimi.

Vprašanja v učnem posegu so zastavljena tako, da odgovori nanje kažejo, kako dijaki nadgrajujejo znanje, kako razvijajo nove koncepte. Učitelj v odgovorih dijakov prepozna morebitna napačna razumevanja in jih z novimi vprašanji pomaga preseči.

Pri odgovorih da učitelj dijakom vedno možnost, da svoj odgovor pojasnijo in utemeljijo. Utemeljitev in argumentiranje odgovora šele pokaže način razmišljanja dijaka, kako rešuje probleme, kje v postopku se pojavijo napake.

Med razvojem metode se je pokazalo, da dijaki pogosto z odgovorom, da izbrano nihalo niha hitreje kot neko drugo, pri tem mislijo na to, da opravi več

nihajev v enakem času, kot drugo nihalo. To pa je pravzaprav frekvenca nihanja. Zato je pomembno, da učitelj od dijakov zahteva, da natančneje opišejo, kaj pomeni večja hitrost izbranega nihala v primerjavi s hitrostjo drugega.

Dijaki so našli veliko periodičnih gibanj v naravi:

gibanja planetov, Zemlje, Lune, menjavanje letnih časov, dan-noč, kroženje vode, plima - oseka, lunine mene, dihanje, tek, bitje srca, nihanje peruti pri pticah, žuželkah, nihanje roke pri hoji, gibanje repne plavuti morskega psa, nihanje vej ob vetru, prehranski cikel, vrtenje koles pri avtomobilu, gugalnica, vožnja v krogu, premikanje bata v motorju...

Kot nihanje so opredelili: plima-oseka, nihanje kril pri žuželkah, pticah, roke pri hoji, veje dreves ob vetru, gugalnica.

Nihajni čas svojega dihanja so ocenili tako, da so merili čas nekaj vdihov in izdihov ter ta čas delili s številom vdihov in izdihov. Prav tako niso imeli težav s primerjavo frekvence gibanja nog med hojo ter med tekom. Težave so se pojavile pri ocenjevanju amplitude nihanja roke med hojo ter med tekom: roka je med hojo stegnjena, med tekom pa skrčena. Obravnavati je pravzaprav potrebno dva različna »nihajoča objekta«. Dijaki so predlagali, da merimo odmik zapestja od osrednje oz. Ravnovesne lege. V tem primeru je amplituda roke pri hoji večja kot pri teku. Če pa bi tekli z iztegnjeno roko, bi bilo obratno. Vendar tek z iztegnjeno roko ni naraven način teka.

Domače naloge so izbrane tako, da dijaki utrdijo novo vpeljane pojme:

- dijaki pri meritvi uporabijo novo znanje: amplituda, nihajni čas, frekvenca ter zvezo med nihajnim časom in frekvenco
- naloga nakazuje, da je lasten nihajni čas matematičnega nihala odvisen od dolžine vrvice, kar bodo dijaki v naslednjih urah nadgradili
- navaja na to, da morajo biti ostale količine konstantne, če merimo odvisnost med dvema (amplituda nihanja je enaka, merimo odvisnost nihajnega časa od dolžine vrvice)
- natančnost merjenja nihajnega časa. Ob pregledu naloge se učitelj z dijaki pogovori, kako so merili nihajni čas. Če so nekateri merili čas

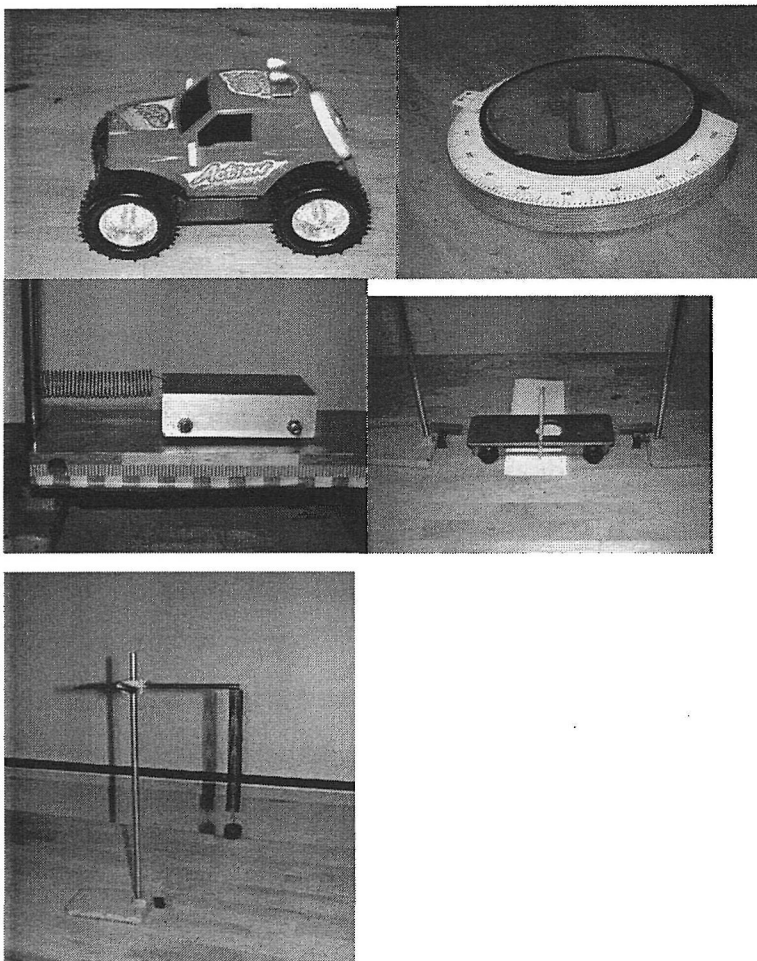
enega nihaja, drugi čas več nihajev in ga delili s številom nihajev, učitelj vpraša: kateri način merjenja je natančnejši in zakaj.

2. ura

Cilji: dijak zna grafično prikazati časovno spreminjanje odmika pri sinusnem nihanju (sled nihanja) in iz grafa odmika v odvisnosti od časa določiti amplitudo, frekvenco in nihajni čas

Potrebščine:

Avtomobilček, vrteča plošča, vzmetno nihalo nihajoče v vertikalni ter horizontalni smeri, matematična nihala, ki se med seboj razlikujejo po dolžini vrvic

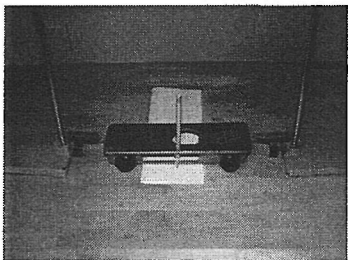


KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže različna gibanja, na primer: premo gibanje avtomobilčka ter vrtenje okrogle plošče okrog svoje osi.</p> <p>Vprašanje: kako opišemo gibanji, ki ju opazujemo?</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo in odgovarjajo na vprašanje.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pokaže nihanje vzmetnega nihala v vertikalni ter horizontalni smeri in nihanje matematičnega nihala.</p> <p>Vprašanje: kako bi opisali nihanje? Predlagajte količino, s katero bi opisali različna nihanja.</p> <p>Zbere predloge dijakov o primernih količinah za opis nihanja, na primer: pot, višina, odmik od ravnovesne lege v odvisnosti od časa.</p> <p>Da nalogo: za obe nihali: matematično ter vzmetno narišite, kako se odmik od ravnovesne lege spreminja s časom in na grafu označite amplitudne ter ravnovesne lege (pri matematičnemu posebej leve ter desne amplitudne lege).</p> <p>Učitelj dijake pozove, naj pojasnijo, zakaj so narisali take grafe.</p>	<p>Jedro</p> <p>Učitelj dijake pozove, da grafe pojasnijo.</p> <p>Če dijaki, ki so narisali odseke vzporedne z abscisno osjo, pojasnijo, da ti odseki predstavljajo, da se utež v amplitudni legi za trenutek ustavi, učitelj vpraša: koliko je ta trenutek dolg?</p> <p>Učitelj vpraša še: kakšno gibanje opisujejo ravni poševni odseki oz. odseki vzporedni z ordinatno osjo ter dijake pozove, naj opišejo gibanje, ki ga predstavlja njihov graf.</p> <p>Sodelujejo in pomagajo pri izvedbi poskusa.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

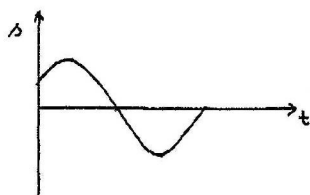
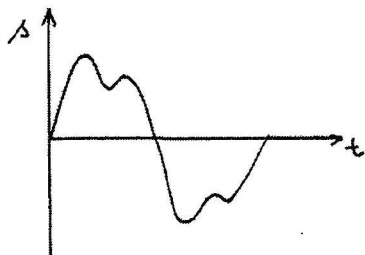
Učitelj: vemo, da $s(t)$ ne more biti lomljena krivulja, ker je sicer tako gibanje sunkovito. O obliki grafa $s(t)$ se prepričajmo s poskusom: pod nihajočim vozičkom s pisalom enakomerno vlečemo papir.



Naredi povzetek ter nariše sled sinusnega nihanja.

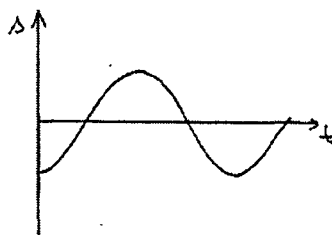
Zaključek

Dijakom nariše različne sledi nihanja (tako sinusnega kot nesinusnega ter različne začetne lege; na primer):



Zaključek

Opisujejo nihanje, ki ga predstavljajo sledi.



Dijaki rišejo sledi sinusnega nihanja glede na različne začetne lege nihala ter različne velikosti amplitud in nihajnih časov oz. frekvence:

- nihalo naj se ob $t = 0$ nahaja v levi amplitudni legi, niha z nihajnim časom $3s$ ter ima amplitudo $10cm$
- matematično nihalo se ob $t = 0$ giblje skozi ravnovesno lego proti levi, amplituda je $15cm$, frekvenca pa $5Hz$
- nariši sled nihanja svoje roke med hojo ter na isti graf še sled gibanja roke med tekom.

Komentar učne ure

Gibanja, ki jih učitelj demonstrira v uvodu: premo gibanje avtomobilčka ter vrtenje okrogle plošče sta izbrani zato, ker ob njunem opazovanju dijaki povežejo različne opise gibanj: pri avtomobilčku je to razdalja od začetne točke, pri vrtenju dolžina loka ali zasuk. Možen je tudi opis z dvema koordinatama v ravnini.

Demonstracija nihanja vzmetnega nihala v vertikalni ter horizontalni smeri ter nihanja nitnega nihala se v procesu razvoja metode izkazala kot učinkovita, saj dijaki opazujejo nihanje vzmetnega nihala v dveh različnih smereh, pri nitnem nihalu pa se utež giblje po loku. Dijaki morajo za opis nihanja najti količino, ki se bo pri vseh treh nihalih s časom spreminjala na enak način. V

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

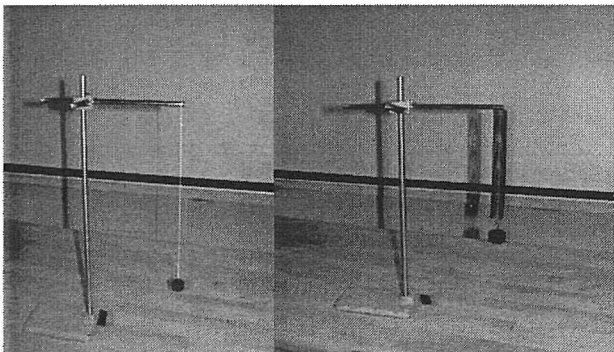
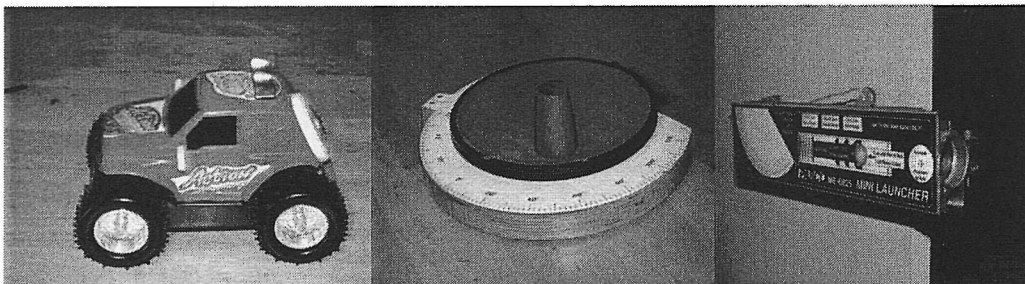
procesu razvoja metode se je pokazalo, da imajo dijaki manj težav z odločanjem, katere količine so primerne za opis nihanja, če jih vodimo z vprašanji, kako smo opisali lego telesa v eni dimenziji, kako v dveh (vodoravni met). Zato je navezava nihanja na že usvojena gibanja učinkovita.

3. ura

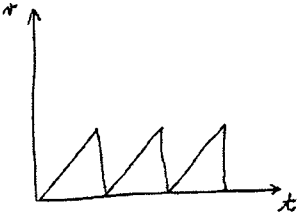
Cilji: grafično predstaviti hitrost ter pospešek pri sinusnem nihanju v odvisnosti od časa

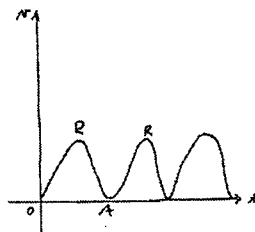
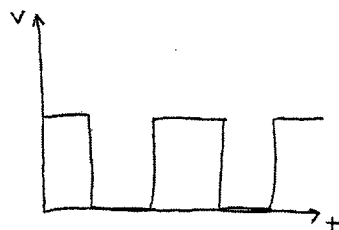
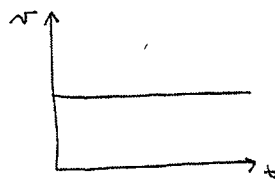
Potrebščine:

Avtomobilček, krožeča plošča, top s kroglico (vodoravni met), matematično, vzmetno nihalo.



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže različna gibanja: premo gibanje avtomobilčka, kroženje, vodoravni met.</p> <p>Vprašanja:</p> <p>kako se s časom spreminja hitrost posameznih opazovanih teles skicirajte grafe časovnega spreminjanja hitrosti ter pospeška za opazovana telesa</p> <p>Učitelj hodi po razredu in preverja narisane graf.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo in odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Demonstrira nihanje matematičnega ter vzmetnega nihala.</p> <p>Vprašanja:</p> <p>opišite, kako se s časom spreminja hitrost uteži pri vzmetnem ter matematičnem nihalu (kje je največja, kje najmanjša) skicirajte graf $v(t)$ za izbrano nihalo.</p> <p>Učitelj dijake vpraša, zakaj so narisali take grafe $v(t)$.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo nihanje in odgovarjajo na vprašanja.</p> <p>Če skicirajo grafe $v(t)$:</p> 



Dijaki pojasnijo svoje odločitve.

Če odgovorijo, da so grafi ponekod vzporedni z abscisno osjo zato, ker se utež v amplitudnih legah malo ustavi, učitelj vpraša: koliko pa je to malo?

Učitelj vpraša: kako se s časom spreminja hitrost, če je njen graf naraščajoča oz. padajoča premica oz. je vzporeden z ordinatno oz. abscisno osjo. Opišite gibanja, ki jih predstavljajo dani grafi $v(t)$.

Iz sledi nihanja preberejo, kako se giblje nihalo ter narišejo graf $v(t)$.

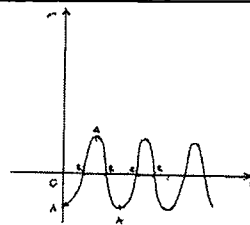
Nariše sled nihanja:

- opišite nihanje
- narišite pripadajoči graf $v(t)$

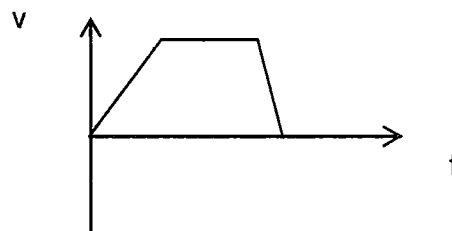
Naredi povzetek in nariše graf $v(t)$ na tablo.

Naloga: ob opazovanju nihanja matematičnega ter vzmetnega nihala:

- opišite, kako se s časom spreminja pospešek uteži
- narišite graf $a(t)$.



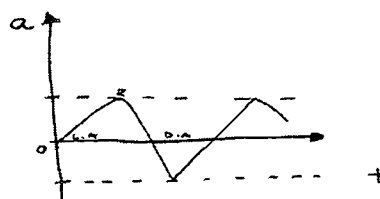
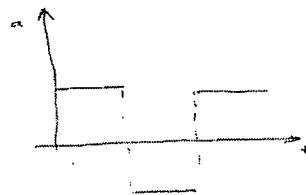
Če odgovorijo: pospešek je največji v ravnovesni legi, najmanjši v amplitudni legi, nariše učitelj na primer graf:

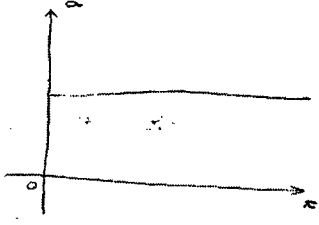
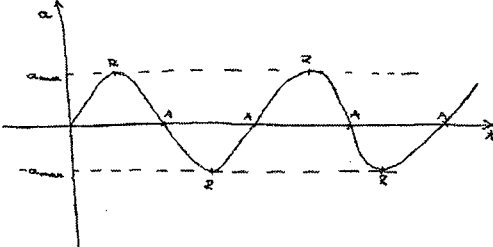
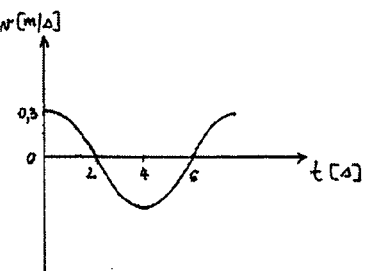


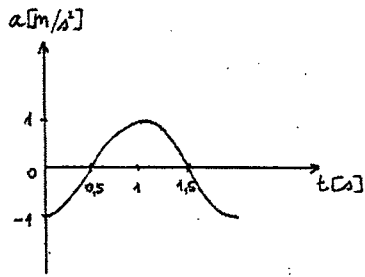
Ter da dijakom nalogo, naj narišejo ustrezen graf $a(t)$.

Dijaki nadaljujejo z risanjem grafov $a(t)$ za nihanje.

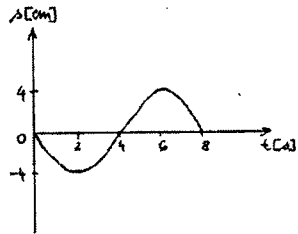
Če narišejo:



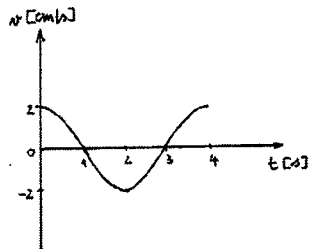
<p>Skupaj z dijaki naredi povzetek o spreminjanju pospeška s časom. Pogovorijo se tudi o tem, da samo z opazovanjem s prostim očesom ne moremo zanesljivo narisati pravilne oblike krivulje $a(t)$.</p>	 <p>Učitelj ponovno pozove dijake, da navedejo razloge za svoje grafe. Vpraša tudi: opišite gibanje telesa, ki se mu pospešek s časom spreminja tako, kot kaže graf.</p> <p>Ob diskusiji se odločijo za najprimernejšo rešitev $a(t)$.</p> 
<p>Zaključek Branje grafov: iz danega grafa $v(t)$ oz. $a(t)$ a preberi amplitudo, nihajni čas, frekvenco.</p> 	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>



- danemu grafu $s(t)$ nariši še grafa $v(t)$ ter $a(t)$

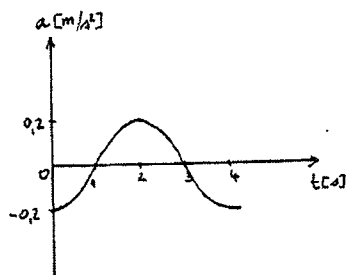


- danemu grafu $v(t)$ nariši grafa $s(t)$ ter $a(t)$

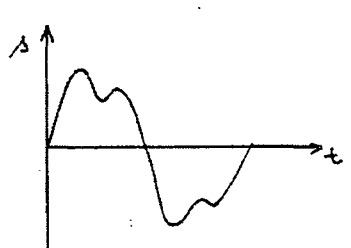


- danemu grafu $a(t)$ nariši grafa $s(t)$ ter $v(t)$

-



- dani sledi nesinusnega nihanja nariši grafa $v(t)$ ter

<p>$a(t)$</p>  <ul style="list-style-type: none">- opiši svoje gibanje pri skakanju na trampolinu, ali je sled tvojega gibanja enaka sledi pri nihanju?- V roko vzemi približno 15cm dolg trak. Roko premikaj levo-desno. Kako se giblje trak? Primerjaj gibanje roke in traku.	
--	--

Komentar učne ure

Demonstracija premega gibanja, kroženja ter vodoravnega meta in ob tem ponovitev, kako se s časom spreminjata hitrost in pospešek se je izkazala učinkovita, ker dijaki ponovijo vsebine, ki jih bodo prenesli v nihanje.

V pripravi je opisan proces ugotavljanja časovnega spreminjanja hitrosti in pospeška. Ni nujno, da je ob zaključku debate izbrana sinusna krivulja. Če ni, ob izboru grafa zaključni, z vprašanjem: ali lahko s preprostim opazovanjem nihanja natančno ugotovimo obliko krivulj $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$. Učitelj napove, da so bodo o obliki krivulje prepričali z eksperimentom v eni izmed prihodnjih ur.

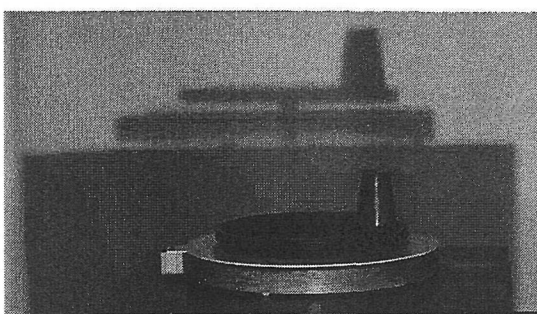
Za preverjanje in utrjevanje snovi je izbranih več vaj. Učitelj izbere tiste, ki se mu zdijo najbolj primerne in potrebne.

4. ura

Cilji: opisati nihanje kot projekcijo enakomernega kroženja, zapisati in uporabiti zveze med amplitudo odmika, hitrosti in pospeška

Potrebščine:

Okrogla plošča, vrtljiva okrog svoje osi, kocka, grafoskop.



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže enakomerno vrtenje okrogle plošče okrog osi.</p> <p>Načpga: opišite kroženje, katere hitrosti poznamo pri kroženju, kaj je zanj značilno, kaj je značilno za pospešek pri kroženju.</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p> <p>Kroženje opišejo kot periodično gibanje, povedo definicijo kotne in krožilne hitrosti.</p> <p>Pomembno je, da povedo, da se krožilni hitrosti ter pospešku pri kroženju spreminja smer.</p>
<p>Jedro</p> <p>Demonstrira projekcijo enakomernega kroženja na zaslon. Na okrogli plošči je ob robu postavljen valj.</p>	<p>Jedro</p>

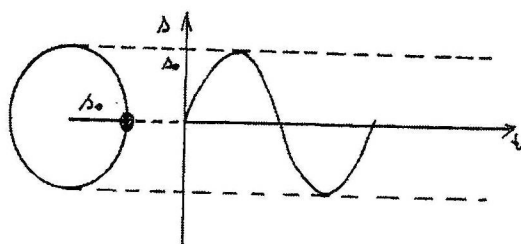


Vprašanja:

opišite gibanje sence valja na zaslonu.

Povzame: gibanje sence lahko opišemo kot nihanje: z odmikom od ravnovesne lege.

Nariše skico projekcije kroženja:



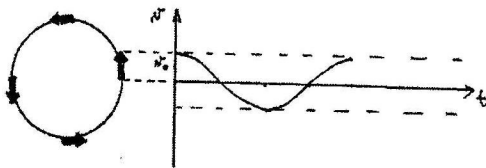
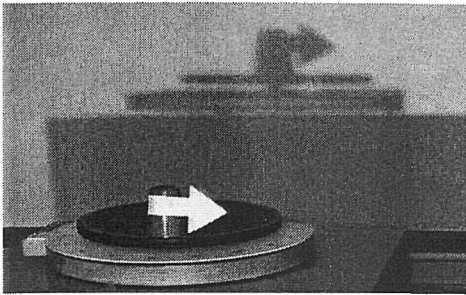
Vprašanje: v kakšni zvezi je hitrost pri nihanju s hitrostjo pri kroženju.

Povzame: ugotoviti moramo, kakšna je projekcija vektorja obodne hitrosti na zaslon.

Pokaže projekcijo vektorja obodne hitrosti na zaslon tako, da na valj na vrteči plošči v tangentsni smeri prilepi puščico iz papirja.

Opazujejo in odgovarjajo na vprašanje.

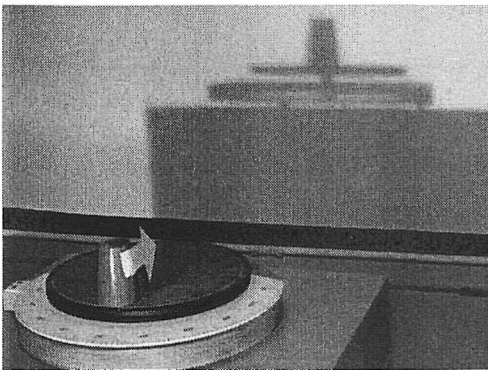
Če odgovorijo: pri enakomernem kroženju je velikost obodne hitrosti vseskozi enaka, torej bo tako tudi pri nihanju, učitelj vpraša: pri kroženju je odmik vedno enak. Ali je tudi odmik sence od osrednje lege na zaslonu vedno enak?



Zapiše enačbo: $v_0 = \omega s_0$.

Vprašanje: v kakšni zvezi je pospešek pri enakomernem kroženju s pospeškom pri nihanju.

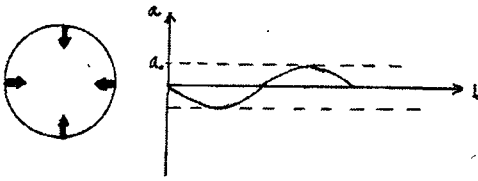
Demonstrira projekcijo pospeška pri kroženju na zaslon tako, da na valj, ki je na vrteči plošči nalepi puščico iz papirja, ki je sedaj usmerjena proti središču vrtenja.



Narišejo graf $v(t)$.

Če odgovorijo, da sta v obeh primerih pospeška enaka; učitelj vpraša: kako se mora spreminjati hitrost, da bo pospešek konstanten? Kako se spreminja hitrost pri nihanju? Kaj lahko sklepate o pospešku pri nihanju?

Prerišejo $a(t)$.

 <p>Napiše še enačbe: $a_0 = \omega^2 s_0 = \frac{v_0^2}{s_0} = \omega s_0$.</p>	
<p>Zaključek</p> <p>Opazuj nihanje vzmetnega nihala v vertikalni smeri. Izmeri potrebne podatke ter ugotovi, kakšne bi bile značilnosti enakomernega kroženja, da bi projekcija vrtečega telesa ustrezala opazovanemu nihanju.</p> <p>S trakom v roki opisuj sinusno krivuljo (gor in dol). Skiciraj spreminjanje lege roke ter opiši, kako se pri tem spreminja lega traku. S čim lahko povežeš spreminjanje lege traku?</p> <p>Iz skice spreminjanja lege roke oceni največjo hitrost roke in njen največji pospešek.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo naloge.</p>

Komentar učne ure

V uvodu v uro dijaki ob vodenju učitelja ponovijo kroženje: opis kroženja, definicijo kotne, obodne hitrosti ter pospeška. Pri tem je pomembno, da dijaki ponovijo, da se obodni hitrosti ter pospešku spreminja smer.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Demonstracijski poskus z vrtečo ploščo, na kateri na valj prilepimo puščice, ki predstavljajo vektor hitrosti oziroma pospeška, je bil razvit prav v procesu nastajanja konstruktivistične metode in je učinkovit pri demonstraciji spreminjanja velikosti in smeri hitrosti ter spreminjanja smeri in velikosti pospeška pri kroženju. Spremljati hkrati spreminjanje velikosti ter spreminjanje smeri količine je težavno. S tem preprostim poskusom pa sočasno spreminjanje velikosti in smeri količine naredimo nazorno. Podobno vlogo ima naloga s premikanjem traku v zaključku ure. Smer traku predstavlja smer količine, lega roke, s katero držimo trak, pa velikost količine.

5.ura

Cilji: narisati grafe $s(t)$, $v(t)$ in $a(t)$ z uporabo računalniškega vmesnika

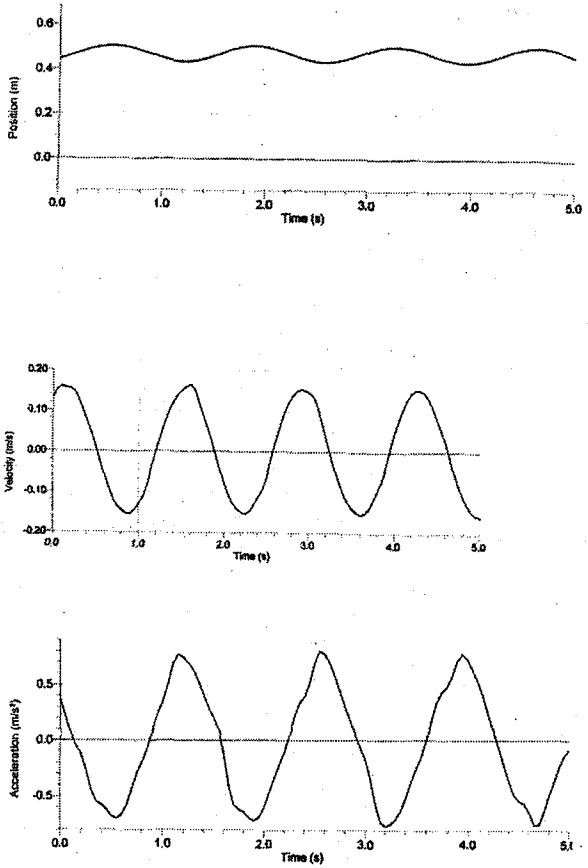
Vernier

Dijaki izvajajo vajo po skupinah.

Potrebščine: vmesnik Vernier z računalnikom, ultrazvočni senzor, vzmetno nihalo



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Naloga</p> <p>Preverite ali smo grafe $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$ ustrezno narisali.</p> <p>Učitelj po potrebi usmerja diskusijo ob komentiranju dobljenih grafov ter skupaj z dijaki naredi povzetek ugotovitev.</p>	<p>Dijaki pripravijo eksperiment po sliki (fotografija), narišejo zahtevane grafe.</p> <p>Po opravljenem eksperimentu predstavijo dobljene grafe ter jih komentirajo: poleg oblike komentirajo tudi gladkost krivulje.</p> <p>Primer grafov, ki so jih dobili dijaki.</p> 

Komentar učne ure

Eksperiment z vmesnikom je primeren za izvedbo potem, ko so dijaki že usvojili časovno spreminjanje odmika, hitrosti in pospeška. Ob eksperimentu se prepričamo, da smo pravilno sklepali glede časovne odvisnosti $s(t)$, $v(t)$ ter $a(t)$.

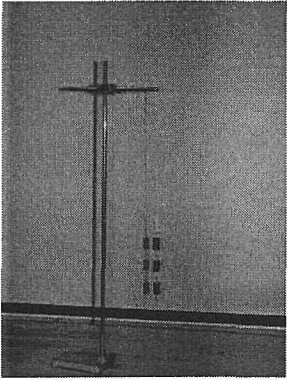
6.ura

Cilji: eksperimentalno ugotoviti, od katerih količin je odvisen nihajni čas matematičnega nihala

Potrebščine:

Matematična nihala, različno dolge vrvice, različne uteži, metri, štoparice, magneti, kotomer.

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod: (eksperimentalna vaja)</p> <p>Da navodilo: razmislite, od katerih količin je odvisen nihajni čas matematičnega nihala.</p>	<p>(delo poteka po skupinah-4 dijaki)</p> <p>Dijaki zberejo po skupinah predloge, od katerih količin je po njihovem mnenju odvisen nihajni čas matematičnega nihala.</p> <p>Če dijaki predlagajo:začetni odmik, masa uteži, dolžina vrvice, učitelj zadolži dve ali tri skupine, da preverijo izbrano odvisnost.</p> <p>Če dijaki predlagajo, da je nihajni čas odvisen od težnega pospeška, učitelj dijake, ki se odločijo, da bodo to odvisnost preverili, usmeri, naj si zamislijo nadomesten poskus (na primer: magnet pod železno utežjo)</p> <p>Skupine načrtujejo, kako bodo eksperimentalno preverili izbrano hipotezo in načrt predstavijo učitelju.</p> <p>Če katera od skupin, ki preverjajo odvisnost nihajnega časa od mase uteži, pove, da bo pri nespremenjeni dolžini vrvice in enakemu začetnemu</p>

<p>Zbere predloge dijakov in jih napiše na tablo ter razdeli eksperimentalno preverjanje odvisnosti od posameznih predlaganih količin med skupine.</p> <p>Naredi povzetek ugotovitev dijakov ter napove, da bodo te ugotovitve v naslednji uri preverili še teoretično.</p>	<p>odmiku obešala na vrvico uteži, kot kaže skica,</p>  <p>učitelj vpraša: v čem vse se razlikuje nihalo s tremi utežmi od nihala z eno utežjo. Na kaj moramo biti pozorni, ko merimo odvisnost med dvema spremenljivkama?</p> <p>Skupine opravijo meritev, obdelajo podatke ter o rezultatih poročajo. Če je več skupin preverjalo isto hipotezo, poroča samo ena, ostale jo dopolnjujejo.</p>
---	---

Komentar učne ure

Eksperimentalna vaja ni klasična, pri kateri dijaki izvajajo eksperiment po natančno določenih navodilih. Pri tej eksperimentalni vaji učitelj izpostavi problem, pomaga pri koordiniranju dela skupin. Ker dijaki sami načrtujejo, kako bodo eksperimentalno preverili izbrano hipotezo, pred izvedbo eksperimenta poročajo učitelju, kako ga bodo izvedli. Učitelj ima pri tem možnost, da jih po potrebi usmeri oz, svetuje, da bodo hipotezo ustrezno

preverili ter pri tem poudari pomen kontrole spremenljivk. Pomembno je, da se dijaki takega načina eksperimentalnega dela učijo že od prvega letnika naprej pri preprostih primerih, da se postopoma učijo postavljanja in preverjanja hipotez. Če se s tako eksperimentalno vajo srečajo prvič v drugem letniku, utegne biti njena izvedba precej zamudna.

Pri takem delu, kjer različne skupine izvajajo različne aktivnosti, je potem, ko vse skupine predstavijo rezultate, pomembno, da učitelj jasno povzame rezultate vseh skupin.

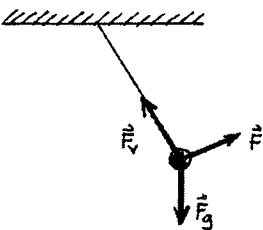
7. ura

Cilji: teoretična izpeljava enačbe za nihajni čas matematičnega nihala:

$$t_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$$

Potrebščine:

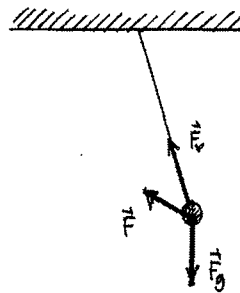
Matematično nihalo.

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Naloga: v amplitudnih ter ravnovesni legi matematičnega nihala narišite vse sile, ki delujejo na utež ter njihovo rezultanto.</p>	<p>Uvod</p> <p>Rišejo sile in rezultanto.</p> <p>Če narišejo:</p>  <p>F_v ... sila vrvice</p> <p>F_g ... teža</p> <p>F ... rezultanta</p> <p>Da učitelj nalogo: seštejte dana</p>

vektorja (z risanjem)



Če narišejo:



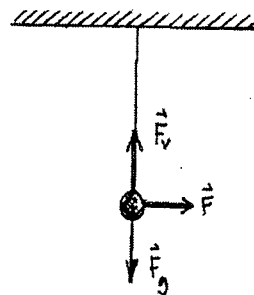
F_v ... sila vrvice

F_g ... teža

F ... rezultanta

Učitelj vpraša: v kateri smeri se giblje utež?

Če v ravnovesni legi narišejo:

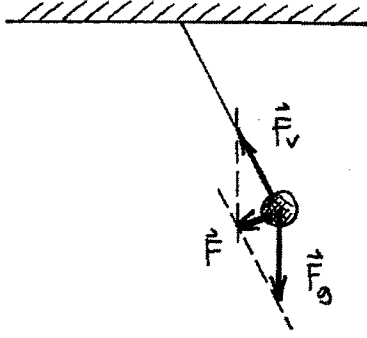


F_v ... sila vrvice

F_g ... teža

F ... sila nihanja

Učitelj vpraša: katero telo povzroča silo nihanja?

<p>Naredi povzetek:</p>  <p>F_v ... sila vrvice F_g ... teža F ... rezultanta</p> <p>Ter ob sodelovanju dijakov izpelje enačbo: $t_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$</p>	<p>Dijaki sodelujejo pri izpeljavi enačbe ter rezultat primerjajo z rezultati meritev predhodne ure. Če so pri predhodni uri z eksperimentom ugotovili, da je nihajni čas rahlo odvisen od amplitude in so sedaj pri izpeljavi upoštevali samo majhne odmike od ravnovesne lege: $\sin \varphi \approx \varphi$, razumejo tudi, v katerih primerih izpeljana enačba velja natančno in v katerih je dober približek. Učitelj vodi debato o tem, kakšna je relacija med t_0 in s_0.</p> <p>Dijaki za domačo nalogo naredijo tabelo vrednosti $\sin \varphi$ ter φ ter primerjajo njune vrednosti in ugotavljajo v katerem območju velja približek $\sin \varphi \approx \varphi$.</p>
<p>Zaključek</p> <ul style="list-style-type: none"> - narišite $t_0(l)$ ter $t_0(m)$ za matematično nihalo - primerjaj izračunan t_0 matematičnega nihala, ki ga sam izdeláš z izmerjenim nihajnim časom in pojasni vzroke za odstopanja - kakšno mora biti matematično nihalo, da bo njegov nihajni čas 1s. <p>Reševanje računskih nalog iz učbenika.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Slediji navodilom učitelja.</p>

Komentar učne ure

Ugotavljanje predznanja ter rezultati ankete med učitelji fizike kažejo, da imajo dijaki težave z uporabo znanja o silah pri nihanju. Zato je v učni uri veliko časa posvečenega prav prenosu znanja o silah v nihanje. Med razvojem konstruktivistične metode se je namreč izkazalo, da risanje sil v različnih legah nihala prispeva k učinkovitejšemu prenosu znanja o silah v nihanje. Ob izpeljavi končne enačbe za lasten nihajni čas vzmetnega nihala je potrebna debata o odvisnosti nihajnega časa nitnega nihala od začetnega odmika. Pomembno je, da dijaki ločijo med šibko in pomembno odvisnostjo. Učitelj ob diskusiji pojasni, da je odvisnost, kot so jo eksperimentalno izmerili dijaki med začetnim odmikom in nihajnim časom nitnega nihala šibka. To pomeni, da zelo velika sprememba začetnega odmika povzroči le majhno spremembo nihajnega časa. Odvisnost med količinama pa je pomembna, kadar sprememba ene količine povzroči znatno spremembo druge.

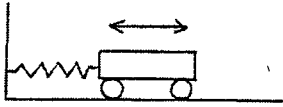
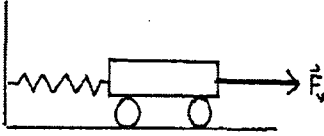
8. ura

Cilji: izpeljava enačbe za lastni nihajni čas vzmetnega nihala

Potrebščine:

vzmetno nihalo za demonstracijski poskus, za eksperiment različne vzmeti z izmerjenim koeficientom (potrebno je preveriti, če se vzmeti res linearno raztezajo, sicer je bolje preverjanje odvisnosti nihajnega časa od koeficienta vzmeti izpustiti), stojala, uteži, štoparice

UČITELJ	UČENCI
Uvod Pokaže nihanje vozička na vzmeti levo-desno.	Uvod Če narišejo:

 <p>Naloga: narišite vse sile na utež v amplitudni ter ravnovesni legi</p>	 <p>F_v ... sila vzmeti</p> <p>Učitelj vpraša: kdaj vzmet telo potiska, ko je skrčena ali ko je raztegnjena?</p>
<p>Jedro</p> <p>Učitelj ob sodelovanju dijakov izpelje enačbo:</p> $t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ <p>Naloga: eksperimentalno preverite ali je nihajni čas sorazmeren s korenem iz mase ter obratno sorazmeren s korenem iz koeficienta vzmeti.</p> <p>Pripravi potrebščine za eksperimentalno delo dijakov.</p>	<p>Jedro</p> <p>Sodelujejo pri izpeljavi.</p> <p>Dijaki po skupinah načrtujejo in eksperimentalno preverijo odvisnost (polovica skupin) $t_0(m)$ ter $t_0(\frac{1}{k})$ (druga polovica skupin).</p> <p>Dijaki meritve vpisujejo v tabele, podatke obdelajo in rezultate predstavijo grafično. Poročajo o ugotovitvah in skupaj z učiteljem naredijo povzetek.</p>
<p>Zaključek</p> <p>- narišite grafe graf $t_0^2(m)$ ter $t_0^2(\frac{1}{k})$, kaj razberemo iz strmine teh dveh grafov</p>	<p>Zaključek</p> <p>Sledijo navodilom učitelja.</p>

preveri hipotezo: nihajni čas vzmetnega nihala je odvisen od začetnega odmika - reševanje računskih nalog iz učbenika.	
---	--

Komentar učne ure

Izpeljava enačbe za lastni nihajni čas vzmetnega nihala poteka običajno hitreje kot izpeljava enačbe za lastni nihajni čas matematičnega nihala, saj so dijaki znanje o silah temeljito ponovili že pri izpeljavi nihajnega časa matematičnega nihala.

Učni poseg poteka sedaj v nasprotnem vrstnem redu kot pri matematičnem nihalu, kjer so dijaki najprej k problemu pristopili praktično z eksperimentom in šele potem teoretično z izpeljavo enačbe. Dijaki se na ta način seznanijo z eksperimentalnim in teoretičnim pristopom k reševanju problema. Da so dijaki pri matematičnem nihalu k problemu pristopili eksperimentalno, pri vzmetnem pa teoretično sem se odločila zato, ker imamo na šolah pogosto vzmeti, ki se z obremenjevanjem ne raztezajo linearno in bi dijaki imeli težave z eksperimentalnim dokazovanjem odvisnosti nihajnega časa od koeficienta vzmeti.

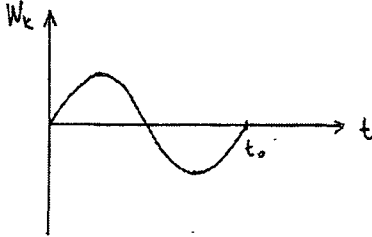
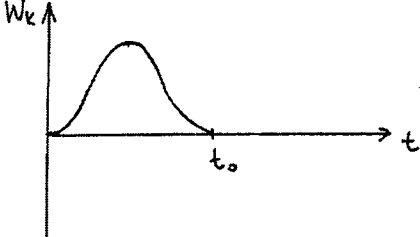
Pri eksperimentalnem delu preverjanja odvisnosti nihajnega časa nihala od koeficienta vzmeti je pomembno, da imamo na voljo vzmeti, ki se linearno raztezajo, sicer ta del eksperimenta raje opustimo.

9. ura

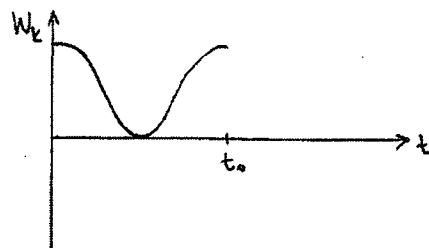
Cilji: spoznati energijo nihanja, grafično predstaviti spreminjanje celotne energije ter posameznih energij pri izbranem nihalu

Potrebščine:

matematično nihalo.

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže nihanje matematičnega nihala.</p> <p>Vprašanje: opišite energijo uteži med nihanjem</p>	<p>Uvod</p> <p>Opišite pretvarjanje kinetične energije v potencialno in obratno.</p>
<p>Jedro</p> <p>Naloga: (ob opazovanju nihanja matematičnega nihala) narišite za en nihaj, kako se s časom spreminja kinetična energija uteži, kako potencialna ter kako celotna energija.</p> <p>Na začetku naj se nihalo nahaja v desni amplitudni legi.</p>	<p>Jedro</p> <p>Če narišejo graf $W_k(t)$:</p>  <p>Učitelj vpraša: v katerih primerih je kinetična energija negativna ali kako izračunamo kinetično energijo, kakšen predznak energije dobimo, če računamo kvadrat negativne hitrosti?</p> <p>Če narišejo graf $W_k(t)$:</p> 

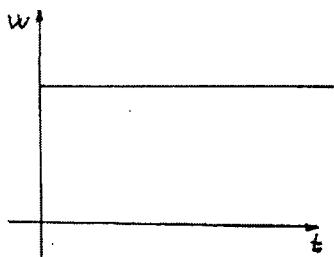
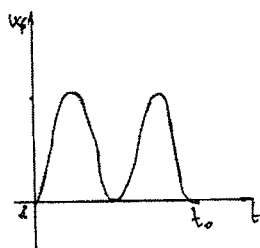
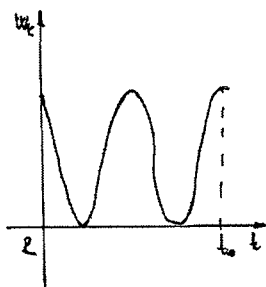
ali



Učitelj vpraša: opišite spreminjanje hitrosti oz. višine v enem nihajnem času.

Dijaki odgovarjajo na vprašanja. Pri tem lahko svoje grafe tudi spremenijo.

Povzame in nariše grafe:



<p>Vprašanja: kako z enačbo zapišemo celotno energijo nihanja. Katera energija je večja, največja potencialna ali največja kinetična. Kolikokrat doseže W_k oz. W_p v enem nihajnem času največjo vrednost.</p> <p>Povzame: $W = W_k + W_p$; tako lahko zapišemo ob dogovoru, da privzamemo, da je potencialna energija v ravnovesni legi enaka nič.</p>	<p>Če odgovorijo:</p> $W = \Delta W_k + \Delta W_p$ <p>Učitelj dijake pozove, naj natančneje pojasnijo, kaj njihov zapis pomeni. Če odgovorijo: celotna energija nihanja je konstantna, za toliko, kolikor se je kinetična energija zmanjšala, za toliko se je potencialna povečala, učitelj predstavi problem: celotna energija nihanja je na primer $5J$, torej je tolikšna tudi največja kinetična energija. Vzemimo, da se je kinetična energija zmanjšala za $1J$, torej je $\Delta W_k = 1J$ in tudi $\Delta W_p = 1J$. Kolikšna je celotna energija nihanja, če jo izračunamo po predlagani enačbi?</p>
<p>Zaključek</p> <p>Naloga:</p> <ul style="list-style-type: none"> - opazujejo vzmetno nihalo, ki niha levo-desno - Napišite izraz za celotno 	<p>Zaključek</p> <p>Opazujejo nihanje ter rešujejo naloge.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>energijo nihanja opazovanega nihala.</p> <p>- Izmerite potrebne količine in izračunajte celotno energijo nihanja. Izračunajte tudi hitrost, s katero gre utež skozi ravnovesno lego.</p> <p>Narišite grafe: $W_{pr}(t)$, $W_k(t)$ ter celotne energije nihanja $W(t)$ za en nihajni čas.</p>	
--	--

Komentar učne ure

Izkušnje, pridobljene med razvojem metode, analiza referenčnega testa ter analiza ankete med učitelji fizike kažejo, da imajo dijaki manj težav pri uporabi znanja o energiji, ki so ga usvojili pri mehaniki, v nihanje, kot pri uporabi znanja o silah. Znanje o silah je namreč kognitivno zahtevnejše. Tako je v tej učni uri uvod krajši.

Med nepravilnimi odgovori se običajno pojavijo taki, pri katerih dijaki narišejo v graf negativne vrednosti kinetične energije.

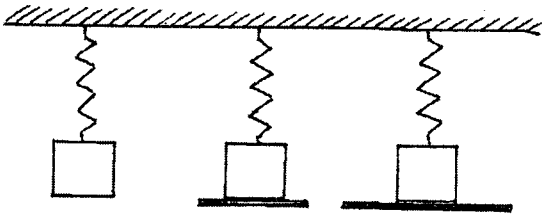
10. ura

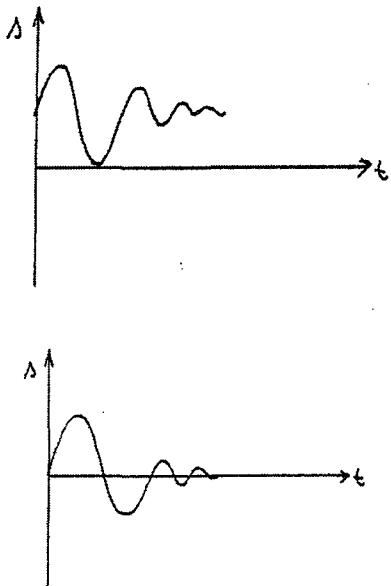
Cilji: opisati dušeno nihanje; spoznati, katere količine se pri dušenem nihanju manjšajo s časom

Potrebščine:

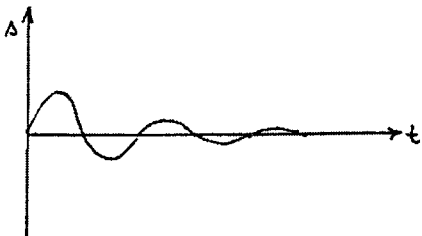
Vzmetna nihala, ki imajo na uteži prilepljene različno velike kartončke.

. KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže nihanje vzmetnega nihala v vertikalni smeri.</p> <p>Naloga: narišite sled nihanja vzmetnega nihala. Ob $t = 0$ naj se nahaja v zgornji amplitudni legi.</p> <p>Naloga: na isto sled nihanja narišite še sled, ki ima vse količine enake, le amplituda je dvakrat manjša.</p>	<p>Uvod</p> <p>Narišejo sled nihanja.</p> <p>Narišejo novo sled nihanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pokaže eksperiment: nihanje vzmetnih nihala, ki imajo enake vzmeti, nanje so obešene enake uteži, nanje pa so na spodnji strani prilepljeni različno veliki kartončki, ki povzročajo različno velik upor in s tem različno močno dušeno nihanje nihala.</p>  <p>Vprašanje: v čem se razlikuje nihanje opazovanih nihala?</p> <p>Naloga: narišite sled nihanja nihala z največjim kartončkom</p>	<p>Jedro</p> <p>Če odgovorijo: različno hitro se ustavijo, učitelj pozove, naj odgovor utemeljijo.</p> <p>Če narišejo:</p>

<p>Vpelje pojem dušeno nihanje ter povzame sled dušenega nihanja</p> <p>Vprašanje: katere količine se pri dušenem nihanju bistveno zmanjšajo.</p>	 <p>Učitelj vpraša: simulirajte z roko nihanje, ki ga predstavlja narisana sled. V kateri legi naj bi se ustavilo nihalo, ki ga opisuje prva sled? Ali nihajni čas realnega nihala vedno krajši?</p> <p>Dijaki se posvetujejo v parih.</p> <p>Če predlagajo:</p> <ul style="list-style-type: none">- nihajni čas; učitelj vpraša, kako bi to preverili. Dijaki se posvetujejo in na primer predlagajo: izmerimo čas petih nihajev takoj, ko spustimo utež iz ravnovesne lege, potem počakamo nekaj časa in spet izmerimo čas petih nihajev ter oba časa primerjamo med seboj. <p>Dijaki hipotezo še eksperimentalno preverijo.</p> <ul style="list-style-type: none">- odmik: učitelj pozove, da dijaki
---	---

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Skupaj z dijaki povzame, katere količine se pri dušenem nihanju znatno manjšajo s časom.</p>	<p>natančno opišejo, kako se s časom spreminja odmik na že narisani sledi dušenega nihanja. Dijaki na primer: odmik se veča, nato manjša... Učitelj: katera je torej količina, ki se s časom manjša? - hitrost, pospešek: če se pojavita ta dva predloga, bodo predvidoma dijaki potem, ko bodo razlikovali med časovnim spreminjanjem odmika ter amplitude, odgovor spremenili: manjšata se amplituda hitrosti ter amplituda pospeška. - energija, učitelj vpraša: v kaj se pretvori energija?</p>
<p>Zaključek - Dani sledi dušenega nihanja narišite grafa $v(t)$ ter $a(t)$.</p>  <p>- Opazujte nihanje vzmetnih nihala z manjšim ter večjim kartončkom na uteži. Skicirajte obe sledi nihanja. V</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

čem se narisani sledi razlikujeta. - Izdelajte nihalo, ki bo nihalo močno dušeno ter skicirajte njegovo sled nihanja. Iz grafa ocenite, kolikšen delež energije gre v okolico v enem nihajnem času.	
--	--

Komentar učne ure

Eksperiment z enakimi vzmetnimi nihali, pri katerih prilepimo različno velike kartončke, je bil razvit med nastajanjem konstruktivistične metode. Z njim dijakom nazorno pokažemo različno močno dušeno nihanje.

V pripravi so predstavljeni napačni grafi sledi dušenega nihanja, ki jih dijaki pogosto narišejo. Tudi simulacija gibanja z roko, ki ga kaže graf, se je v razvoju metode izkazala zelo učinkovito pri premagovanju težav z grafičnim opisom gibanj nasploh.

Pri odgovorih na vprašanje, katere količine se pri dušenem nihanju bistveno spremenijo, dijaka vedno omenijo nihajni čas. Temu problemu mora učitelj posvetiti še posebno pozornost in organizirati učni poseg tako, da se o tej odvisnosti dijaki eksperimentalno prepričajo.

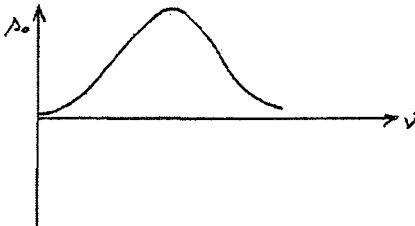
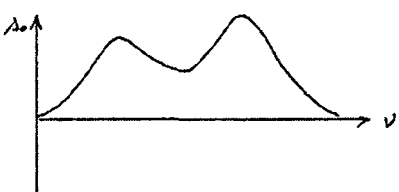
11. ura

Cilji: spoznati vsiljeno nihajne in resonanco, narisati resonančno krivuljo

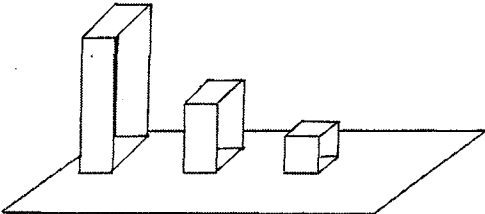
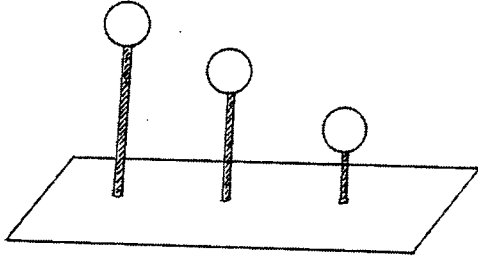
Potrebščine:

Kroglica, privezana na vrvici, karton A4, papir, škarje, lepilo, slamice.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Naloga: opišite svoje gibanje na gugalnici, v kateri legi vas mora prijatelj potisniti, da se boste na gugalnici dvignili čim više.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opišejo gibanje: če odgovorijo, da jih mora prijatelj potisniti, ko so v najvišji legi, pripravi učitelj model gugalnice, na katerem dijaki preverijo svojo trditev.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pokaže eksperiment: v roki drži matematično nihalo ter ga najprej počasi premika levo-desno, potem pa večja frekvenco premikanja.</p> <p>Vprašanje: opišite odziv nihala na periodično silo roke.</p> <p>Naloga: narišite graf amplitude nihala v odvisnosti od frekvence roke.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo odziv nihala ter še sami po skupinah ponovijo poskus.</p> <p>Opišejo, kako se spreminja amplituda nihala glede na velikost frekvence sile roke.</p> <p>Če narišejo</p>  <p>ali</p>  <p>učitelj vpraša: opišite spreminjanje amplitude v odvisnosti od vzbujevalne frekvence tako, kot predstavlja graf. Ali je amplituda nihala pri majhni ter veliki frekvenci enaka?</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Naredi povzetek in nariše resonančno krivuljo.</p>	
<p>Zaključek</p> <p>Naloga:</p> <ul style="list-style-type: none"> - (polovica skupin) na tanjši karton nalepite modele zgradb, ki se med seboj razlikujejo le po višini. Nato karton na mizi premikajte levo-desno z različnimi frekvencami in opazujte odziv modelov zgradb. - druga polovica skupin pa namesto modelov zgradb nalepi modele dreves - znano je, da vojaki čez mostove ne smejo korakati. Pojasnite zakaj. <p>Ponovno pokaže eksperiment z matematičnimi nihali (uvodni eksperiment), ki se med seboj razlikujejo le po dolžinah vrvic in so pritrjene na isto prečno vrvico,</p>	<p>Zaključek</p> <p>Dijaki izvajajo nalogo po skupinah. Vsaka skupina opravi le eno nalogo.</p>  <p>modeli zgradb</p>  <p>modeli dreves</p> <p>Dijaki izvedejo eksperiment in poročajo o ugotovitvah.</p> <p>Dijaki razložijo eksperiment.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

ki jo učitelj niha z različnimi frekvencami, tako da je v resonanci enkrat eno, drugič drugo matematično nihalo.	
--	--

Komentar učne ure

Dijaki pri opisu guganja na gugalnici pogosto odgovorijo, da je gugalnico potrebno potisniti v trenutku, ko je le-ta v najvišji legi, če želimo, da bo njen odmik največji. Zato je zelo primerna uporaba preprostih modelov gugalnice, ob katerih se dijaki prepričajo, da dosežejo večji učinek, če delujejo s silo v smeri gibanja gugalnice, ko je le-ta v najnižji legi. Napačni odgovori so posledica izkušenj pri guganju, ko prijatelja običajno primemo, ko je v najvišji legi, ga potisnemo, vendar prenehamo z delovanjem sile, ko je v najnižji legi.

Risanje resonančne krivulje ni enostavno, saj morajo dijaki opazovati le spreminjanje največjega odmika v odvisnosti od vzbujevalne frekvence in ne odmika nihala nasploh. Pomembno je, da komentiramo vse različne narisane grafe, kot je predstavljeno v pripravi.

V zaključku ure dijaki utrdijo znanje s preprostima eksperimentoma, ki sta zelo učinkovita glede nazornosti prikaza resonance.

Primerjava tradicionalne metode z elementi konstruktivizma in konstruktivistične metode kaže, da pogosto uporabljamo enak eksperimente pri obeh pristopih, vendar je odnos do tako demonstracijskih eksperimentov kot eksperimentalnih vaj pri obeh pristopih zelo različen. Pri tradicionalnem pristopu z elementi konstruktivizma pojasni in razloži demonstracijski eksperiment učitelj, ki tudi pripravi natančna navodila za izvedbo laboratorijskih vaj.

Pri konstruktivističnem pristopu pa demonstracijski eksperiment sicer pokaže učitelj, vendar ga ob vodenju učitelja razložijo dijaki. Bistvo konstruktivističnega pristopa je v tem, da so dijaki tisti, ki prvi povedo svoje

videnje eksperimenta, svoje prepričanje o odvisnosti opazovanih količin. Tako učitelj spremlja njihov proces usvajanja znanja in v diskusijah ob predstavitvah rezultatov pomaga dijakom z ustreznimi vprašanji, da svoja napačna prepričanja sami presežejo.

Tudi konstruktivistični pristop k opravljanju eksperimentalnih vaj je bolj raziskovalen kot pri tradicionalnem pristopu z elementi konstruktivizma. Dijaki določene odvisnosti med merjenimi količinami ugotavljajo sami in eksperimentalno ne preverjajo le že znanih odvisnosti.

Pri konstruktivističnem pristopu sem za vsebine iz nihanja in valovanja načrtovala tri šolske ure več kot pri tradicionalnem pristopu z elementi konstruktivizma za obravnavo istih ciljev, določenih z učnim načrtom. Te tri ure vzamemo iz deleža ur pouka fizike, pri katerih učitelj avtonomno izbere vsebine, ki jih bo obravnaval.

10.4 DODATEK D

Dodatek D vsebuje teste, s katerimi sem ugotavljala uspešnost konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma: Referenčni test iz nihanja, Preverjanje znanja iz nihanja in Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku ter analize teh testov.

Referenčni test iz nihanja je v raziskavi odigral dvojno vlogo. Uporabljen je bil za ugotavljanje predznanja, predstav in izkušenj ter za ugotavljanje prirastka znanja dijakov kontrolne in eksperimentalne skupine. Referenčni test iz nihanja so namreč reševali dijaki pred ter po obravnavi nihanja.

S testom Preverjanje znanja iz nihanja sem primerjala doseganje nekaterih ciljev, zapisanih v učnem načrtu za fiziko za nihanje kontrolne in eksperimentalne skupine.

S testom Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku sem preverjala, ali bodo dijaki eksperimentalne skupine v odgovorih na vprašanja, ki preverjajo doseganje nekaterih ciljev iz učnega načrta za nihanje uspešnejši od kontrolne skupine po letu in pol po obravnavi vsebin iz nihanja.

10.4.1 REFERENČNI TEST IZ NIHANJA

Vprašanja v Referenčnem testu iz nihanja so oblikovana tako, da vsebujejo izraze iz vsakdanjega življenja. Referenčni test iz nihanja, ki vsebuje vprašanja o gugalnici, je bil razvit v procesu razvoja konstruktivistične metode. Vprašanja o guganju na gugalnici so uporabljena zato, ker se je v razvoju konstruktivistične metode, ko sem preizkušala različne načine

ugotavljanja predznanja izkazalo, da imajo iz področja nihanja dijaki največ izkušenj prav z nihanjem gugalnice.

Vprašanja v Referenčnem testu iz nihanja so zastavljena tako, da pokažejo, katere pojme iz vsakdanjega življenja uporabljajo dijaki za opis nihanja, hkrati pa so vprašanja izbrana tudi tako, da preverjajo predstave dijakov o nekaterih konceptih nihanja: vzrokih za začetek nihanja, razlogih za vsiljeno nihanje in resonanco, o časovnem spreminjanju hitrosti ter o uporabi znanja, ki so ga pridobili o silah in energiji v mehaniki na novem področju – nihanju.

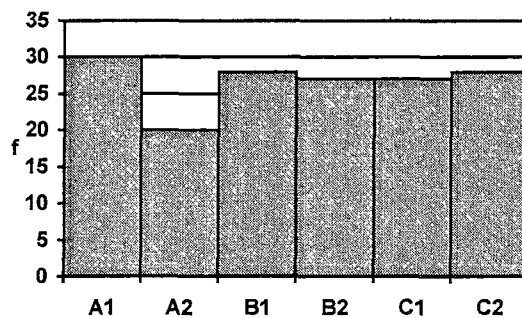
Primerjava odgovorov na Referenčni test iz nihanja pred ter po obravnavi snovi je pokazala, katera skupina, eksperimentalna ali kontrolna je dosegla večji prirastek znanja, kar je eden od pokazateljev ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša od tradicionalne z elementi konstruktivizma pri poučevanju vsebin iz nihanja. Po obravnavi snovi sem spremljala tudi delež odgovorov, ki so vsebovali pravilno rabljene fizikalne izraze. Primerjava deležev odgovorov s pravilno uporabljenimi fizikalnimi izrazi eksperimentalnih in kontrolnih skupin dijakov je pokazatelj, ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri usvajanju fizikalnih izrazov iz nihanja v primerjavi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

REFERENČNI TEST IZ NIHANJA

- 1.) Sediš na mirujoči gugalnici. Kaj moraš narediti, da se boš začel gugati?
- 2.) Gugaš se na gugalnici. Kaj moraš narediti, da se boš zanihal čim više?
- 3.) Gugaš se na gugalnici. Opiši, kako se ti pri tem spreminja hitrost.
- 4.) Katere sile delujejo nate med nihanjem. Nariši.
- 5.) Kaj lahko poveš o svoji energiji med nihanjem?
- 6.) Prijatelj te je zanihal na gugalnici. Čez čas se ustaviš. Kaj se je zgodilo s tvojo energijo?

10.4.2 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ NIHANJA

Referenčni test iz nihanja so reševali dijaki na gimnazijah A, B in C. Število testiranih dijakov na posameznih gimnazijah kaže Slika 10.9.



Slika 10.9: Število testiranih dijakov na gimnazijah A, B in C. Skupine A1, B1 in C1 pomenijo eksperimentalne skupine, skupina A2, B2 in C2 pa kontrolne skupine dijakov.

Odgovori na vprašanja so večinoma razdeljeni v tri skupine: pravilne (P), delno pravilne (DP) ter napačne (N), pri nekaterih vprašanjih pa so razdeljeni le na pravilne (P) ter nepravilne (N), kamor so vključeni tudi primeri, ko dijaki na vprašanja niso odgovorili. V skupino pravilnih odgovorov so uvrščeni vsi možni pravilni odgovori. V skupino delno pravilnih so uvrščeni odgovori, ki vsebujejo pravilni, toda premalo natančen opis dogajanja ter odgovori, v katerih so naštetna pravilna, toda ne najpomembnejša dejstva oziroma ugotovitve v zvezi z dogajanjem oziroma pojavom. Skupina nepravilnih odgovorov pa je razčlenjena v skupine odgovorov, ki vsebujejo enake oziroma podobne napake. Podrobnejša analiza nepravilnih odgovorov je učitelju vir vprašanj in načrtovanja aktivnosti dijakov pri pouku.

Zaradi različne strukture vpisanih dijakov na gimnazije A, B ter C, so analize odgovorov narejene za vsako gimnazijo posebej. Na gimnazijo A se vpisujejo dijaki, ki so bili v osnovni šoli odlični, na gimnazijo B se vpisujejo

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

dijaki, ki so bili v osnovni šoli pretežno prav dobri ter celo dobri, na gimnazijo C pa se vpisujejo tako odlični učenci kot prav dobri, nekaj pa je osnovno šolo zaključilo z dobrim uspehom. Tako imajo dijaki na gimnazijah A, B in C različno predznanje in je zato smiselna obravnava rezultatov za vsako gimnazijo posebej.

V tabelah označujejo stolpci z izrazom »pred« rezultate pred obravnavo nihanja, stolpci »po« pa rezultate po obravnavi nihanja. V zadnji vrstici je pri nekaterih vprašanjih podan še procent dijakov, ki so v svojih odgovorih uporabljali fizikalne izraze.

1.) Sediš na mirujoči gugalnici. Kaj moraš narediti, da se boš začel gugati?

Vprašanje preverja, kako bodo dijaki prenesli znanje, da je za začetek ali spremembo gibanja potrebna sila, ki so ga usvojili pri premem gibanju in kroženju na nihanje.

Primerjava prirastka znanja pred ter po obravnavi nihanja je pokazala, ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša od tradicionalne z elementi konstruktivizma pri prenosu znanja iz premega gibanja in kroženja na nihanje.

Tabela 10.6: Odgovori dijakov na vprašanje o začetku guganja pred obravnavo snovi.

Odg.	A1 pred	A1 po	A2 pred	A2 po	B1 pred	B1 po	B2 pred	B2 po	C1 pred	C1 po	C2 pred	C2 po
P	57	85	52	17	53	77	55	52	52	63	57	16
DP	40	15	41	83	40	23	40	48	48	37	36	84
N	3	0	7	0	7	0	5	0	0	0	7	0
Fiz. izrazi	/	28	/	0	/	30	/	16	/	12	/	0

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

P	Odriniti se moramo od tal.
DP	Opis premikanja nog oziroma telesa, vendar pri tem dijaki ne povedo, v kateri legi se ob določeni legi nog oz. telesa nahaja gugalnica, brez začetnega odriva.
N	Ustvarimo silo, da se začnemo premikati. Brez odgovora.
Fiz. izrazi	Procent dijakov, ki so uporabili izraza amplitudna ter ravnovesna lega.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.6):

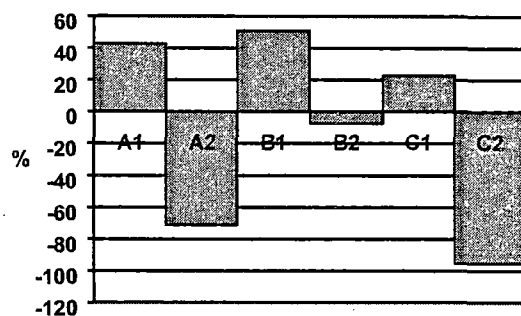
Analiza odgovorov kaže, da več kot polovica vseh dijakov, ki so sodelovali v pedagoškem eksperimentu, uspešno prenaša in uporablja znanje o vzrokih za začetek gibanja iz premega gibanja in kroženja na nihanje. Pri odgovorih na to vprašanje ni bistvenih razlik v predznanju dijakov testiranih skupin.

Delno pravilni odgovori kažejo učitelju, da mora biti pri opisu nihanja pozoren na natančnost opisovanja. Delež nepravilnih odgovorov je nizek, toda učitelj mora biti pozoren na odgovore tipa »ustvarimo silo«, saj bodo imeli dijaki, ki tako razmišljajo velike težave z razumevanjem sil pri nihanju.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi je narejena tako, da sem primerjala prirastek znanja eksperimentalne in kontrolne skupine na vsaki gimnaziji posebej.

Analiza prirastka znanja po obravnavi kaže, da so vse tri eksperimentalne skupine dijakov dosegle napredek pri uporabi znanja, ki so ga usvojili pri premem gibanju in kroženju sedaj pri nihanju (Slika 10.10). Kontrolne skupine pa so po obravnavi snovi dosegle celo negativen prirastek znanja. To dejstvo je bilo posledica predvsem premalo natančnega opisovanja.



Slika 10.10: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov po obravnavi nihanja na vprašanje, ki je zahtevalo prenos znanja iz premega gibanja in kroženje v nihanje.

2.) Gugaš se na gugalnici. Kaj moraš narediti, da boš zanihal čim više?

Vprašanje ugotavlja, kako dijaki opišejo izkušnje, ki jih imajo z guganjem. Vprašanje preverja ali bodo dijaki ugotovili, da so za povečanje amplitude guganja potrebne periodične spremembe, ki so povezane z gibanjem gugalnice.

Tabela 10.7: Odgovori dijakov na vprašanje o resonanci gugalnice pred obravnavo snovi.

Odg.	A1		A2		B1		B2									
	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po								
P	26	66	23	17	18	47	28	32								
DP	24	14	10	39	18	30	9	16								
Na	43	50	14	20	30	65	25	31	50	64	13	23	27	41	52	52
b	7		6		11		0		14		10		15		0	
c	0		0		0		6		0		0		0		0	
d	0		0		24		0		0		6		0		0	
Fiz. izr.	/	48	/	0	/	45	/	32								

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Odg.	C1		C1		C2		C2	
	pred		po		pred		po	
P	16		38		18		12	
DP	19		31		17		25	
Na	42	67	45	63	27	67	33	44
b	11		12		33		11	
c	14		0		7		0	
d	0		6		0		0	
Fiz. izr.	/		31		/		0	

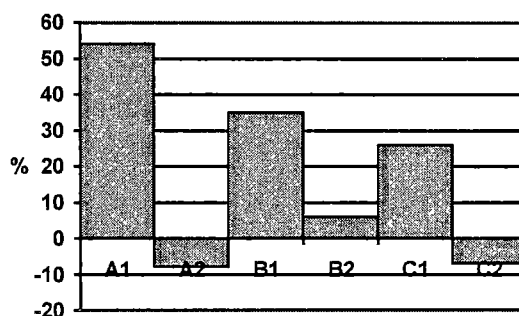
P	Moraš ujeti pravi ritem premikanja telesa in gugalnice, opis usklajenega gibanja nog in gugalnice.
DP	Opis periodičnega gibanja nog oz. telesa, vendar brez usklajenega gibanja z gugalnico.
N	<p>a. Povečati moramo moč, silo nihanja nog, telesa.</p> <p>b. Hitreje moramo nihati z nogami, telesom.</p> <p>c. Bolj se moramo nagibati.</p> <p>d. Brez odgovora.</p>

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.7):

Analiza odgovorov kaže, da od 16% dijakov skupine C1 do 26% dijakov skupine A1, ki so sodelovali v pedagoškem eksperimentu, pravilno opiše spremembe, ki povzročajo vsiljeno nihanje gugalnice. Delno pravilni odgovori kažejo na to, da se dijaki zavedajo, da vsiljeno nihanje povzročajo periodične spremembe, vendar jih ne povežejo z gibanjem gugalnice. Več kot polovica dijakov pa meni, da večji odmik gugalnice povzroči večja sila.

Delno pravilni odgovori kažejo na premajhno natančnost opisa, pri katerem je potrebno natančno povezati lego telesa oziroma nog z lego gugalnice. Delež napačnih odgovorov je večji kot polovica, zato je pri pouku potrebno izzvati dijake s preišljenimi vprašanji v zvezi s povečanjem sile nog, telesa, frekvence premikanja nog oziroma telesa ter velikostjo nagiba telesa.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:



Slika 10.11: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov na vprašanje o resonanci gugalnice po obravnavi snovi.

Primerjava prirastka znanja dijakov testiranih skupin kaže, da so eksperimentalne skupine dijakov na vseh treh gimnazijah dosegle večji napredek v razumevanju vsiljenega nihanja, kot kontrolne skupine, kar potrjuje učinkovitost konstruktivistične metode v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma pri zmanjšanju težav z razumevanjem vsiljenega nihanja in resonance (Slika 10.11). Dijaki kontrolnih skupin na gimnazijah A in C so po obravnavi snovi dosegli celo manjši delež pravilnih odgovorov kot pred obravnavo, kar je predvsem posledica premalo natančnih odgovorov.

Med nepravilnimi odgovori se je delež odgovorov dijakov, ki predvidevajo, da so za večje učinke potrebne večje sile oziroma moč, v eksperimentalnih skupinah zmanjšal od 5% do 41%, pri kontrolnih skupinah pa se je celo povečal od 3% do 11%. Rezultati potrjujejo pomembnost načrtovanja

aktivnosti pri pouku tako, da se dijaki soočijo s svojimi napačnimi predvidevanji, sicer se težave z razumevanjem celo povečajo.

Analiza uporabe fizikalnih izrazov je pokazala, da uporablja od 31% do 48% dijakov eksperimentalnih skupin v svojih odgovorih fizikalne izraze amplituda, ravnovesna lega ter frekvenca, dijaki kontrolnih skupin pa uporabljajo omenjene fizikalne izraze od 0% do 32% na gimnazijah A in C. Rezultati kažejo, da dijaki eksperimentalnih skupin pogosteje uporabljajo fizikalne izraze kot dijaki kontrolnih skupin, kar potrjuje učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja na področju uporabe fizikalnih izrazov v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma.

3.) Gugaš se na gugalnici. Opiši, kako se pri tem spreminja tvoja hitrost?

Vprašanje preverja, kako bodo dijaki uporabili znanje o hitrosti, ki so ga usvojili pri premem gibanju sedaj v novi situaciji, pri periodičnem gibanju – nihanju.

Primerjava prirastka znanja eksperimentalnih ter kontrolnih skupin na posameznih gimnazijah je pokazala, ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma pri prenosu znanja, ki so ga dijaki usvojili pri premem gibanju in kroženju o hitrosti v novo situacijo – nihanje (Slika 10.12).

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.8):

Analiza odgovorov kaže, da imajo dijaki gimnazij A in C boljše predznanje kot dijaki gimnazije B in so uspešneje prenesli in uporabili znanje o hitrosti pri nihanju.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.8: Odgovori dijakov na vprašanje o časovnem spreminjanju hitrosti pri guganju.

Odg.	A1		A2		B1		B2									
	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po								
P	58	100	70	78	64	94	61	79								
DP	23	0	21	11	22	0	7	0								
Na	10	19	0	0	0	52	6	6	7	14	3	62	22	32	16	21
b	3		0		19		0		7		0		7		0	
c	6		0		33		0		0		3		3		5	
Fiz.	/		87		/		11		/		53		/		52	
Izr.																

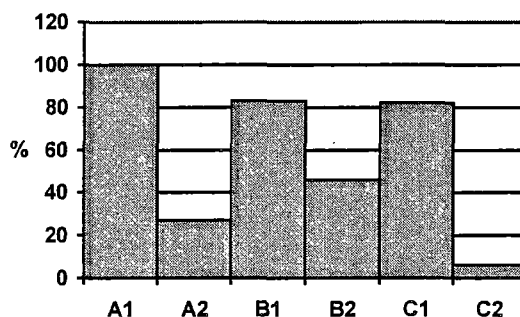
Odg.	C1		C2					
	pred	po	pred	po				
P	33	88	21	26				
DP	15	6	47	12				
Na	18	32	46	62	6	9	0	11
b	14		8		0		0	
c	0		8		3		11	
Fiz.	/		88		/		8	
Izr.i								

P	Pravilni opis spreminjanja hitrosti telesa glede na lego gugalnice.
DP	Dijak pravilno zapiše hitrost le v izbrani legi, na primer: v najnižji legi je največja.
N	a. Dijaki zamenjajo opis hitrosti z opisom največje hitrosti. b. Enakomerno pospešeno. c. Brez odgovora.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Delno pravilni odgovori kažejo učitelju, da mora vztrajati, da dijaki opišejo spreminjanje hitrosti skozi celotno periodo nihanja. Ob takem opisu se bodo soočili z razliko med največjo hitrostjo in trenutno hitrostjo nihanja hkrati pa jim bo natančen opis spreminjanja hitrosti pokazal, da gibanje ni enakomerno pospešeno.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:



Slika 10.12: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov na vprašanje, ki je zahtevalo prenos znanja o hitrosti iz premege gibanja in kroženja na nihanje.

Primerjava prirastka znanja na vprašanje o hitrosti pri nihanju kaže večjo učinkovitost eksperimentalnih skupin dijakov na vseh treh gimnazijah v primerjavi z učinkovitostjo kontrolnih skupin dijakov.

Rezultati potrjujejo učinkovitost konstruktivistične metode pri prenosu in uporabi znanja o hitrosti iz premege gibanja in kroženja v nihanje v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma. Analiza odgovorov kaže tudi, da uporablja od 53% do 87% dijakov eksperimentalnih skupin pri opisu hitrosti nihanja fizikalne izraze amplituda ter ravnovesna lega, medtem, ko uporablja omenjene fizikalne izraze pri opisu hitrosti od 8% do 52% dijakov kontrolnih skupin, kar kaže, da poučevanje s konstruktivistično metodo prispeva k usvojitvi in pravilni uporabi fizikalnih izrazov v večji meri kot tradicionalni pouk z elementi konstruktivizma. Primerjava rezultatov eksperimentalnih in kontrolnih skupin

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

na vseh treh gimnazijah kaže, da dosegajo dijaki eksperimentalnih skupin boljše rezultate na vseh treh gimnazijah, čeprav sta dva od učiteljev poučevala s konstruktivistično metodo prvič.

4.) Katere sile delujejo nate med nihanjem. Nariši.

Tabela 10.9: Odgovori dijakov na vprašanje o silah pri nihanju pred obravnavo snovi.

Odg.	A1		A1		A2		A2		B1		B1		B2		B2	
	pred		po		pred		po		pred		po		pred		po	
Pa	10	17	59	93	20	27	27	32	11	18	33	63	33	33	33	43
b	7		34		7		5		7		30		0		10	
Na	33	83	0	7	13	73	0	68	36	82	23	37	16	67	16	57
b	27		0		40		44		29		14		44		26	
c	7		0		7		0		7		0		7		5	
d	7		7		13		24		7		0		0		10	
e	12		0		0		0		3		0		0		0	

Odg.	C1		C1		C2		C2	
	pred		po		pred		po	
Pa	4	4	57	76	14	14	17	17
b	0		19		0		0	
Na	15	96	6	24	17	72	21	83
b	44		12		39		38	
c	18		0		0		0	
d	11		0		14		12	
e	8		0		16		12	

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

P a	Sila vrvica in teža sta pravilno narisani v ravnovesni legi.
P b	Sila vrvica in teža sta pravilno narisani v amplitudni legi.
N a	a. Narisana je samo teža.
N b	b. Narisana je teža, sila vrvica ter neka sila, ki je pravokotna na težo, dijaki jo poimenujejo sil nihanja, sila potiska, sila odriva.
N c	c. Narisani sta teža ter centripetalna in centrifugalna sila.
N d	d. Brez odgovora.
N e	e. Posamezni napačni odgovori.
N f	f. Centripetalna.
N g	g. Nobena.

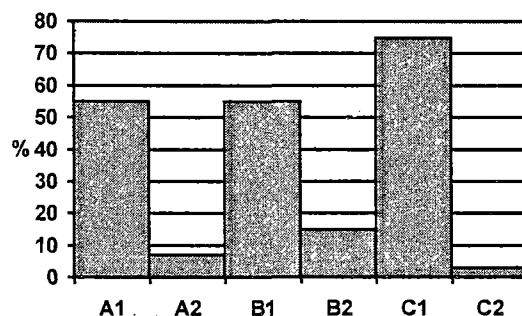
Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.9):

Delež pravih odgovorov je med dijaki gimnazij A, B in C precej različen: od 4% na gimnaziji C do 33% na gimnaziji B. Dijaki pri prenosu in uporabi znanja o silah pri nihanju niso najbolj uspešni, kar kaže nato, da bi bilo potrebno načrtovati učinkovitejši pouk glede razumevanja že pri obravnavi sil v prvem letniku.

Delež nepravilnih odgovorov je zelo velik (od 67% do 90%). Največji delež nepravilnih odgovorov predstavljata dve skupini odgovorov:

- dijaki narišejo samo težo,
- dijaki narišejo silo v smeri gibanja, ki jo poimenujejo sila nihanja, sila gibanja, sila odriva.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:



Slika 10.13: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov na vprašanje, ki je zahtevalo uporabo znanja o silah usvojenega pri mehaniki v novi situaciji - nihanju.

Primerjava prirastka znanja kaže večjo uspešnost eksperimentalnih skupin dijakov na vseh treh gimnazijah pri uporabi znanja o silah usvojenega pri mehaniki, v novi situaciji – nihanju v primerjavi z uspešnostjo kontrolnih skupin (Slika 10.13).

Delež dijakov, ki so po obravnavi snovi narisali še silo nihanja, je pri eksperimentalnih skupinah od 12% do 14%, pri kontrolnih pa od 26% do 44%, kar potrjuje učinkovitost nove metode poučevanja, ki aktivnosti pri pouku načrtuje v skladu z ugotovitvami pri ugotavljanju predznanja. Konstruktivistična metoda omogoča, da dijaki učinkoviteje prenesejo in uporabijo znanje o silah v nihanje.

5.) Kaj lahko poveš o energiji med nihanjem?

Vprašanje preverja, kako bodo dijaki uporabili znanje o energiji pri nihanju. Primerjava prirastka deleža pravilnih odgovorov je pokazala, ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri uporabi že usvojenega znanja o energiji pri nihanju.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.10: Odgovori dijakov o energiji pri nihanju pred obravnavo snovi.

Odg.	A1		A1		A2		A2		B1		B1		B2		B2	
	pred		po		pred		Bo		pred		po		pred		po	
Pa	17	63	0	100	7	47	63	63	18	72	67	97	0	70	10	70
b	46		100		33		0		53		30		70		60	
c	0		0		7		0		0		0		0		0	
DPa	0	10	0	0	3	13	5	10	7	7	3	3	0	12	6	22
b	10		0		10		5		0		0		12		16	
Na	21	27	0	0	23	40	27	27	12	22	0	0	0	18	0	8
b	0		0		7		0		0		0		0		0	
c	0		0		10		0		0		0		0		4	
d	3		0		0		0		7		0		18		0	
e	3		0		0		0		3		0		0		4	

Odg.	C1		C1		C2		C2	
	pred		po		pred		po	
Pa	0	7	19	82	7	14	4	4
b	7		63		7		0	
c	0		0		0		0	
DPa	33	52	0	0	3	24	13	26
b	19		0		21		13	
Na	19	41	0	18	58	62	0	70
b	15		0		0		0	
c	7		0		0		0	
d	0		0		0		0	
e	0		18		3		70	

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

P	a. Se ohranja. b. Opis pretvarjanja kinetične energije v potencialno in obratno. c. Nekaj energije se porabi za zračni upor.
DP	a. Ima kinetično in potencialno energijo. b. Se spreminja (opiše na primer spreminjanje kinetične ali potencialne energije).
N	a. Brez odgovora. b. Se sprošča. c. Se izgublja. d. Se porablja. e. Veča se.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.10):

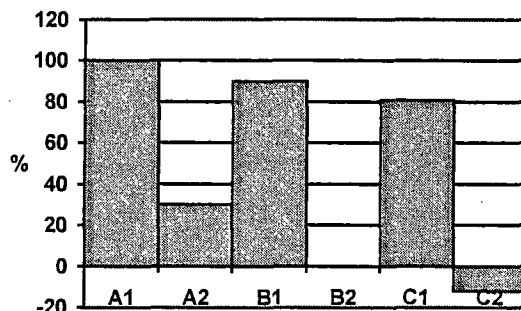
Analiza odgovorov kaže, da so bili pri uporabi znanja o energiji pri nihanju najuspešnejši dijaki gimnazije B (70% -71%), sledijo dijaki gimnazije A (47% - 63%) ter gimnazije C (7% - 14%).

Odgovori na to vprašanje so razdeljeni na tri skupine. Delno pravilni vsebujejo opise, ki so premalo natančni. Učitelj mora biti pri obravnavi snovi pozoren, da bodo vsi dijaki dovolj natančno opisali spreminjanje energije glede na lego nihala ter kako se spreminja celotna energija nihala. Razlike med rezultati posameznih skupin so velike. Predvsem v skupini C2 je delež premalo natančnih odgovorov velik.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:

Prirastek znanja kaže večjo učinkovitost dijakov eksperimentalnih skupin na vseh treh gimnazijah v primerjavi z uspešnostjo kontrolnih skupin. Analiza odgovorov potrjuje, da je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri prenosu znanja o energiji iz mehanike v nihanje (Slika 10.14).

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



Slika 10.14: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov na vprašanje o energiji med nihajem.

Majhen delež pravih odgovorov dijakov skupine C2 je posledica tega, da 70% dijakov na vprašanje ni odgovorilo.

6.) Prijatelj te je zanihal na gugalnici. Čez čas se ustaviš. Kaj se je zgodilo s tvojo energijo?

Tabela 10.11: Odgovori dijakov o energiji dušenega nihanja pred obravnavo snovi.

Odg.	A1		A1		A2		A2		B1		B1		B2		B2	
	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po
Pa	10	26	21	97	2	5	55	67	39	60	40	73	37	67	47	58
b					7	0										
c	17		7		2		10		21		33		26		11	
	7		69		0		0		0		0		4		0	
DP a	0	30	0	0	3	6	0	0	0	11	0	9	0	11	0	16
b	30		0		3		0		0		6		0		5	
c	0		0		0		0		11		3		11		11	
Na	20	23	0	3	1	4	6	33	18	29	6	18	15	22	0	26
b					0	4										
c	0		0		3		0		0		0		4		0	
d	3		0		3		0		0		3		0		5	

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

e	0		0		3		15		0		0		0		16
f	0		3		2		12		11		9		3		5
	0		0		0		0		0		0		0		0

Odg.	C1 pred		C1 po		C2 pred		C2 po	
Pa	7	29	13	70	4	26	8	24
b	22		26		11		8	
c	0		31		11		8	
DP a	0	15	0	0	0	0	0	0
b	15		0		0		0	
c	0		0		0		0	
Na	0	56	5	30	0	74	0	78
b	0		0		40		0	
c	0		0		0		0	
d	15		5		66		0	
e	22		0		0		33	
f	19		20		0		43	

P	<ul style="list-style-type: none"> a. V zračni upor, trenje. b. V notranjo energijo, toploto. c. Gre v okolico, v tla.
DP	<ul style="list-style-type: none"> a. Se ohranja. b. Kinetična se pretvori v potencialno (ali obratno). c. V ustavljanje.
N	<ul style="list-style-type: none"> a. V nihanje. b. V delo teže. c. V hitrost. d. Brez odgovora. e. Porabi se.

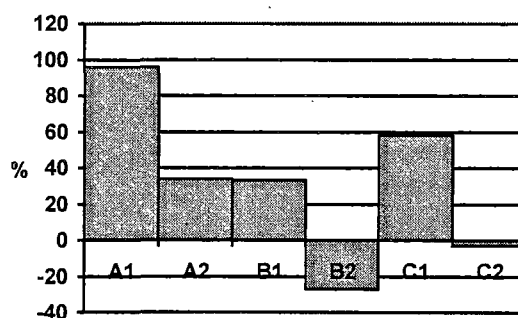
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Vprašanje preverja, kako bodo dijaki uporabili znanje o energiji pri dušenem nihanju. Primerjava prirastka deleža pravilnih odgovorov po obravnavi nihanja je pokazala ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri uporabi usvojenega znanja o energiji pri dušenem nihanju kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi (Tabela 10.11):

Odgovori so razdeljeni v tri skupine. V skupini delno pravilnih so vključeni premalo natančno opisani odgovori. V skupini napačnih pa predstavljajo največji delež odgovori dijakov, da gre energija v nihanje.

Primerjava rezultatov pred ter po obravnavi snovi:



Slika 10.15: Prirastek znanja testiranih skupin dijakov na vprašanje o energiji pri dušenem nihanju.

Analiza prirastka znanja kaže, da so bile na vseh treh gimnazijah uspešnejše eksperimentalne skupine dijakov v primerjavi s kontrolnimi. Razlike v uspešnosti eksperimentalnih in kontrolnih skupin so predvsem posledica natančnejše rabe izrazov dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo. Analiza odgovorov kaže, da je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri uporabi znanja o energiji, usvojenega pri mehaniki v novi situaciji – dušenem nihanju (Slika 10.15).

Analiza prirastkov deležev pravilnih odgovorov testiranih dijakov na vprašanja v Referenčnem testu iz nihanja kažejo večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz nihanja pri prenosu znanja iz gibanja, sil ter energije v nihanje.

10.4.3 PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA

S testom Preverjanje znanja iz nihanja sem ugotavljala v kolikšni meri so usvojili nekatere cilje iz učnega načrta za nihanje dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo v primerjavi z dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

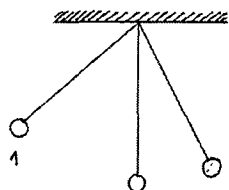
Test Preverjanje znanja iz nihanja vsebuje šest vprašanj, ki preverjajo, v kolikšni meri so testirani dijaki usvojili izbrane cilje iz učnega načrta za nihanje. Vprašanja so zastavljena na različno zahtevnih taksonomskih nivojih: od preverjanja poznavanja opisa nihanja in uporabe fizikalnih izrazov za opis nihanja, poznavanja časovnega spreminjanja hitrosti ter pospeška, do risanja sledi nihanja nihala, ki nihajo z različnimi frekvencami do taksonomsko zelo zahtevnega vprašanja, pri katerem morajo dijaki analizirati dani graf $v(t)$ ter potem narisati ustrezna grafa $s(t)$ ter $a(t)$. V testu preverjanje znanja iz nihanja je tudi vprašanje, ki preverja ali so dijaki presegli napačno razumevanje, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od mase uteži ter še vprašanje o razumevanju vsiljenega nihanja.

Primerjava deležev pravilnih odgovorov eksperimentalnih ter kontrolnih skupin dijakov za posamezno gimnazijo je pokazala, ali je konstruktivistična metoda učinkovitejša pri doseganju izbranih ciljev iz učnega načrta za nihanje v primerjavi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

Test Preverjanje znanja iz nihanja je reševalo 32 dijakov skupine A1, 30 dijakov skupine A2, 28 dijakov skupine B1, 24 dijakov skupine B2 ter 29 dijakov skupine C1 in 20 dijakov skupine C2.

PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA

1. Na sliki je narisano matematično nihalo. Kroglico izmaknemo v lego 1 in spustimo.



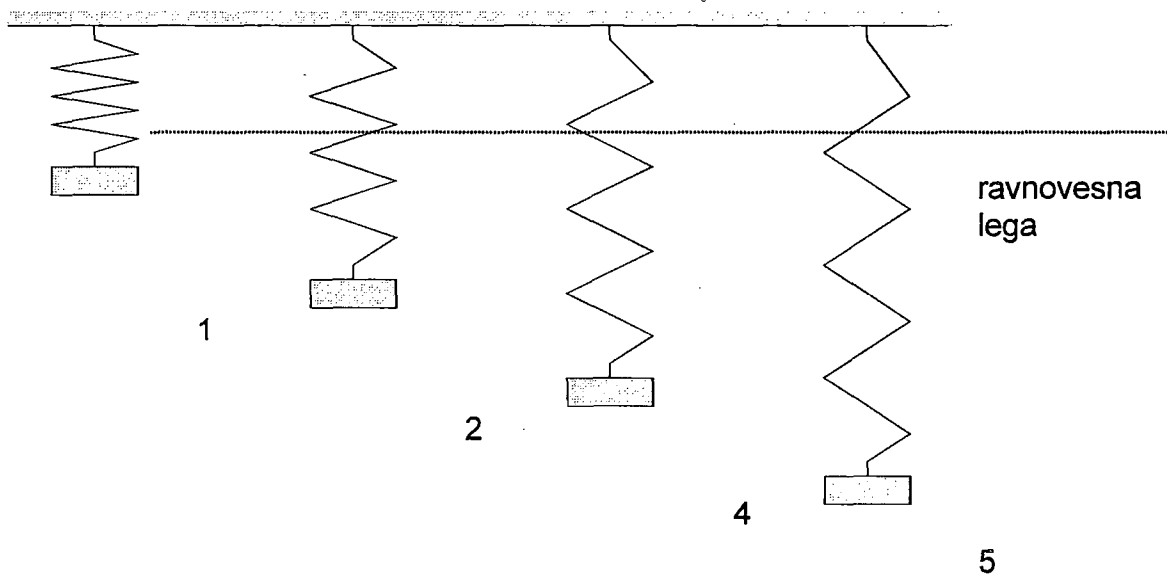
S črko A označi amplitudno lego. Lego, v kateri ima kroglica največjo hitrost označi s črko B, lego, v kateri ima kroglica največji pospešek pa s črko C.

2. Z modro barvo nariši sled nihanja matematičnega nihala, to je graf odvisnosti odmika uteži od ravnovesne lege, ki niha z amplitudo 7 cm in nihajnim časom 3 s. Z rdečo barvo nariši na isti koordinatni sistem nihanja nihala, ki niha z enako amplitudo, toda dvakrat večjo frekvenco. Nihalo začneš opazovati v trenutku, ko je v desni amplitudni legi.



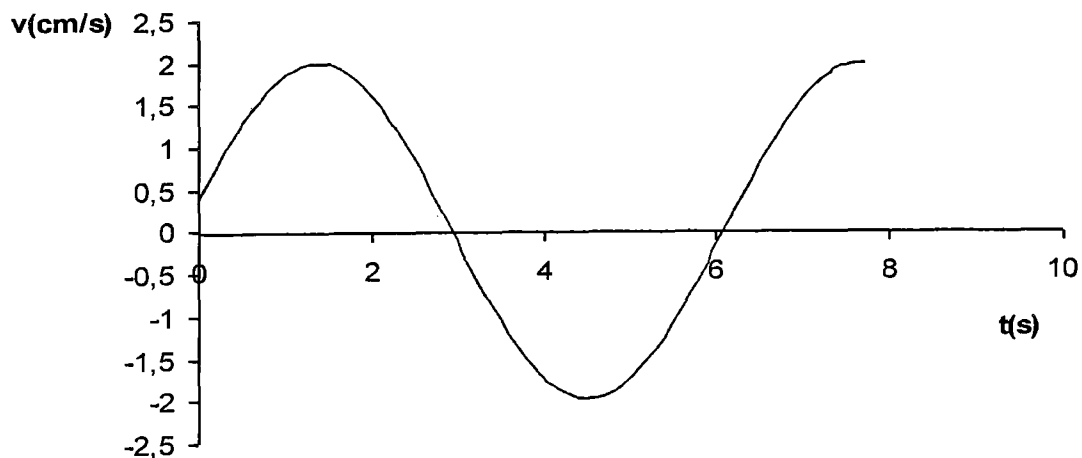
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

3. Skica kaže štiri enaka vzmetna nihala (imajo enake vzmeti ter enake mase uteži), ki jih različno odmaknemo iz ravnovesne lege.

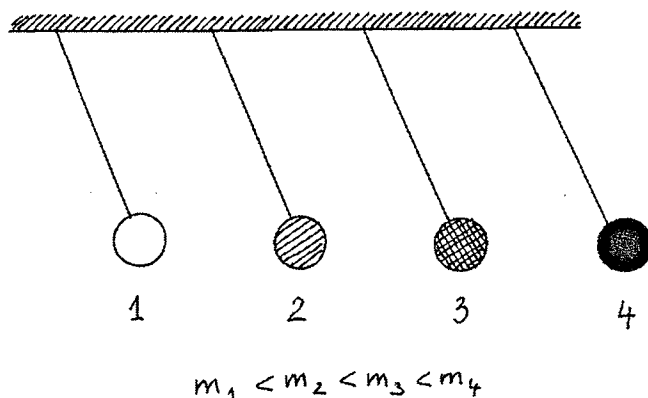


Uredi nihala po velikosti nihajnih časov. Uporabi znake $>$, $<$ ter $=$. Odgovor utemelji.

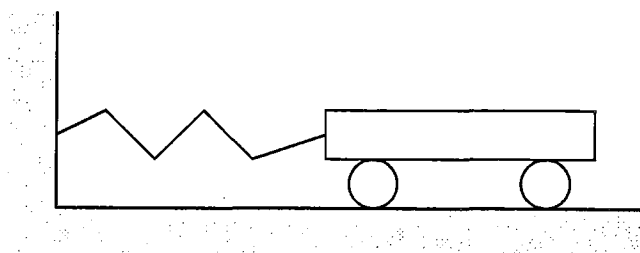
4. Uteži matematičnega nihala se hitrost spreminja s časom tako, kot kaže spodnji graf. Nariši še ustrezna grafa $s(t)$ in $a(t)$. Pazi na amplitude količin.



5. Skica kaže matematična nihala, ki imajo enake dolžine vrvic, med seboj pa se razlikujejo po masi kroglice, ki je obešena na vrvici. Temnejše barve kot je kroglica, večja je njena masa. Vsa nihala enako izmaknemo iz ravnovesne lege. Katero nihalo niha z največjim nihajnim časom? Odgovor utemelji.

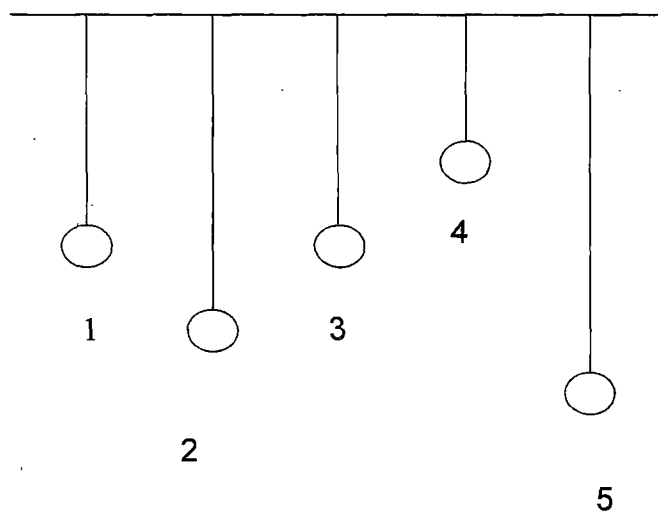


6. Napisati želimo izraz za celotno energijo vzmetnega nihala, ki nedušeno niha levo in desno kot kaže skica. Kateri izraz pravilno opisuje celotno energijo nihanja?



- a. $W = W_k + W_{pr}$
b. $W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$
c. $\Delta W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$
d. $W = 0$

7. Na vrvi visijo matematična nihala kot kaže skica. Nihala se med seboj razlikujejo le po dolžini vrvic.



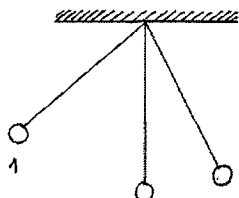
Nihalo označeno s številko 1 zanihamo. Katero od preostalih nihala bo zanihalo z največjim odklonom (φ) od ravnovesne lege?

10. 4.4 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ NIHANJA

Test Preverjanje znanja iz nihanja je preverjal doseganje izbranih ciljev iz učnega načrta za nihanje.

Prvo vprašanje je preverjalo na taksonomski stopnji poznavanja opis nihanja in uporabo fizikalnega izraza amplituda nihanja. Del vprašanja, ki zahteva opredelitev lege, v katerim ima kroglica največjo hitrost oziroma največji pospešek, pa zahteva razumevanje časovnega spreminjanja hitrosti ter pospeška pri sinusnem nihanju.

1.) Na sliki je narisano matematično nihalo. Kroglico izmaknemo v lego 1 in spustimo.



S črko A označi amplitudno lego. Lego, v kateri ima kroglica največjo hitrost označi s črko B, lego, v kateri ima kroglica največji pospešek pa s črko C.

Tabela 10.12: Odgovori dijakov na vprašanje št.1.

Odgovori	A1	A2	B1	B2	C1	C2
amplituda	88	66	79	88	37	30
največja hitrost	97	90	90	92	83	20
največji pospešek	66	63	40	33	37	63

Delež pravih odgovorov dijakov eksperimentalnih (1) in kontrolnih skupin (2) kaže, da so bili na gimnaziji B pri usvajanju pojma amplituda ter pri ugotavljanju, v kateri legi ima nihajoča utež največjo hitrost, uspešnejši dijaki kontrolne skupine, na vprašanje o največjem pospešku pa so bili na gimnaziji B uspešnejši dijaki eksperimentalne skupine. Na gimnazijah A in C pa so pri odgovorih na vprašanja o amplitudi, največji hitrosti in največjem pospešku uspešnejši dijaki eksperimentalnih skupin (Tabela 10.12). Analiza odgovorov kaže, da je tradicionalni pouk z elementi konstruktivizma približno enako učinkovit pri doseganju ciljev, ki so na nižjem taksonomskem nivoju kot pouk s konstruktivistično metodo.

Čeprav so pri dveh odgovorih na gimnaziji B dosegli dijaki kontrolne skupine boljše rezultate kot dijaki eksperimentalne skupine, pa so bili na preostalih dveh gimnazijah v celoti uspešnejši dijaki eksperimentalnih skupin.

Drugo vprašanje je na taksonomskem nivoju razumevanja in uporabe sledi nihanja.

2.) Z modro barvo nariši sled nihanja matematičnega nihala, to je graf odvisnosti odmika uteži od ravnovesne lege, ki niha z amplitudo 7 cm in nihajnim časom 3 s . Z rdečo barvo nariši na isti koordinatni sistem nariši sled nihanja nihala, ki niha z enako amplitudo, toda dvakrat večjo frekvenco. Nihalo začneš opazovati v trenutku, ko je v desni amplitudni legi.



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.13: Odgovori dijakov na vprašanje o sledi nihanja.

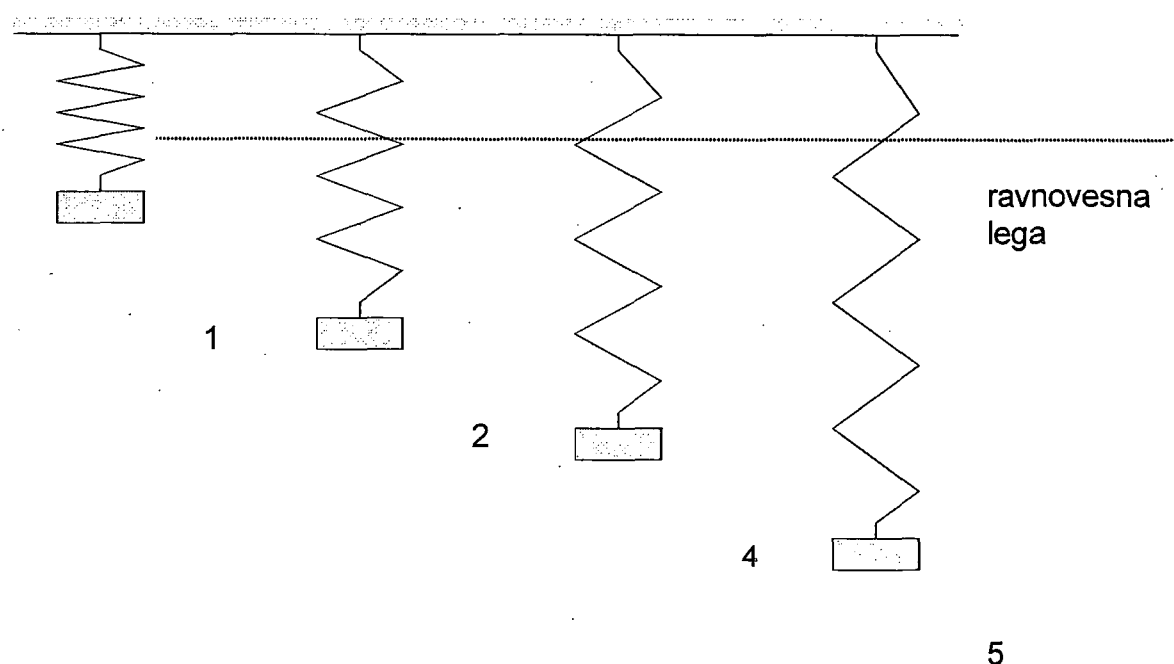
odgovori	A1	A2	B1	B2	C1	C2
v celoti pravilni	84	17	39	0	50	0
sled z 2 ν prav	100	20	68	37	42	0

Dijak mora uporabiti podatke o velikosti amplitude in nihajnega časa. Razumeti mora zvezo med nihajnim časom in frekvenco. Vedeti mora tudi, kako grafično prikažemo desno oz. levo amplitudno lego. Razumeti in uporabiti mora grafični zapis sledi nihanja. Vsi cilji, ki jih preverja naloga, so zapisani v učnem načrtu za gimnazije.

Analiza odgovorov kaže, da je delež v celoti pravilnih odgovorov eksperimentalnih skupin večji kot kontrolnih od 39% na gimnaziji B do 67% na gimnaziji A. Dijaki kontrolnih skupin so večinoma narisali poljubne sinusne krivulje, niso upoštevali, da mora biti nihalo na začetku v desni amplitudni legi. Tudi na vprašanje o sledi nihanja z dvakrat večjo frekvenco jih je tretjina narisala kar neko »gostejšo« krivuljo. Kot pravilne odgovore sem upoštevala vse tiste, ki so bili pravilni glede na prvotno narisano krivuljo. V eksperimentalni skupini B1 pripada približno tretjina napačnih odgovorov temu, da so dijaki narisali sinusno krivuljo, ki se je začela v levi namesto desni amplitudni legi, preostanek pa predstavljajo neke poljubne sinusne krivulje, pri katerih dijaki niso narisali ali pravilne velikosti amplitude ali nihajnega časa (Tabela 10.13). Analiza odgovorov kaže večjo uspešnost eksperimentalnih skupin v primerjavi z uspešnostjo kontrolnih skupin. Razlika se kaže predvsem v tem, da so dijaki eksperimentalnih skupin v večji meri upoštevali podatke o amplitudi ter nihajnem času, ki sta bila v nalogi podana. To kaže na to, da podatke razumejo in se zavedajo njihove pomembnosti.

Naslednje vprašanje preverja, ali so dijaki usvojili, da nihajni čas vzmetnega nihala ni bistveno odvisen od amplitude.

- 3.) Skica kaže štiri enaka vzmetna nihala (imajo enake vzmeti ter enake mase uteži), ki jih različno odmaknemo iz ravnovesne lege.



Uredi nihala po velikosti nihajnih časov. Uporabi znake $>$, $<$ ter $=$. Odgovor utemelji.

Tabela 10.14: Odgovori dijakov na vprašanje o odvisnosti nihajnega časa vzmetnega nihala.

odgovori	A1	A2	B1	B2	C1	C2
enaki (pravilni odgovor)	75	27	86	4	17	0
večja amplituda, večji časi	25	63	14	96	58	55
večja amplituda, manjši časi	0	0	0	0	25	25
brez odgovora	0	10	0	0	0	0

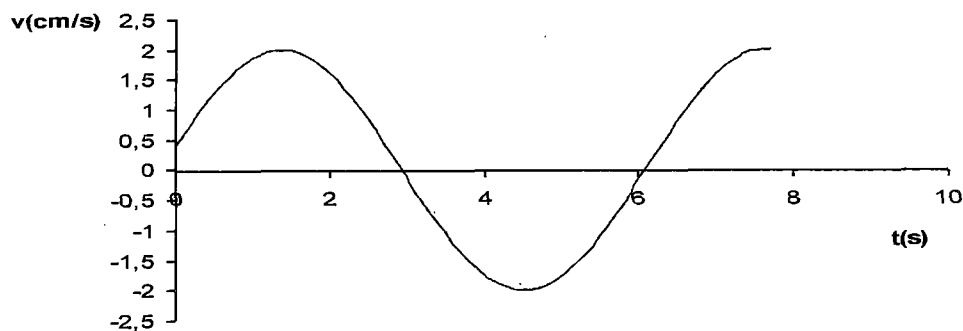
Analiza odgovorov kaže mnogo večjo uspešnost dijakov eksperimentalnih skupin v primerjavi s kontrolnimi od 17% na gimnaziji C do 82% na gimnaziji B. Rezultati potrjujejo, da konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri preseganju napačnega razumevanja, v tem primeru je to prepričanje, da

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

je nihajni čas odvisen od začetnega odmika nihala iz ravnovesne lege (Tabela 10.14).

Naslednje vprašanj preverja usvajanje ciljev iz učnega načrta za nihanje na zelo visoki taksonomski ravni.

- 4.) Uteži matematičnega nihala se hitrost spreminja s časom tako, kot kaže spodnji graf. Nariši še ustrezna grafa $s(t)$ in $a(t)$. Pazi na amplitude količin.



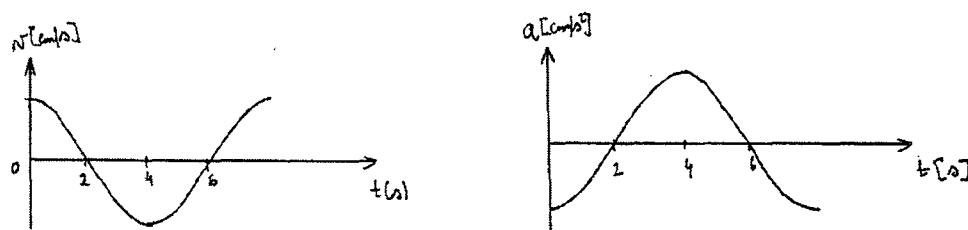
Dijaki morajo za odgovor na to vprašanje najprej analizirati graf $v(t)$, ter nato narisati ustrezen graf $s(t)$ ter $a(t)$. Dijaki morajo za odgovor na to vprašanje dobro obvladati branje in risanje grafov. Določiti morajo tudi amplitude količin torej morajo poznati in uporabiti enačbe, ki povezujejo te količine med seboj. Vprašanje je taksonomsko na nivoju sinteze.

Primerjava deležev pravilnih odgovorov eksperimentalnih in kontrolnih skupin dijakov je pokazala uspešnost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz nihanja v primerjavi z uspešnostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma.

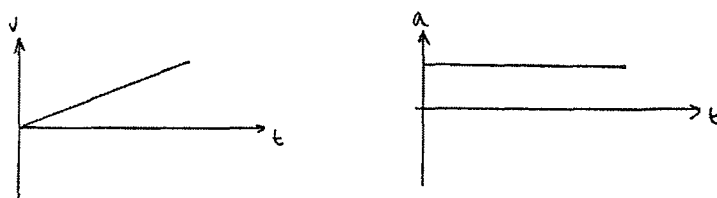
Tabela 10.15: Delež pravilnih odgovorov dijakov na četrto vprašanje.

skupine	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Odg. %	19	0	14	0	8	0

Analiza kaže, da je delež pravih odgovorov eksperimentalnih skupin je večji kot delež pravih odgovorov kontrolnih skupin (Tabela 10.15). Med napačnimi odgovori eksperimentalnih skupin je dobra tretjina takih, pri katerih so krivulje prezrcaljene preko osi x ter take, pri katerih dijaki niso upoštevali, da odmik ob času $t = 0$ ni nič (Slika 10.16). Tudi med napačnimi odgovori kontrolnih skupin so podobne napake, je pa med njimi tudi okrog 20% odgovorov, pri katerih ni narisana periodična krivulja, ampak premica (Slika 10.17).



Slika 10.16: Primer grafov, pri katerem dijak ni upošteval, da je začetni odmik enak nič. Levo graf $v(t)$, desno graf $a(t)$.



Slika 10.17: Primer grafov, ko je dijak narisal premico. Levo graf $v(t)$, desno graf $a(t)$.

Rezultati kažejo, da daje konstruktivistična metoda boljše rezultate tudi pri taksonomsko zahtevnih nalogah kot tradicionalni način poučevanja z elementi konstruktivizma.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Naslednje vprašanje preverja, ali je konstruktivistična metoda poučevanja vsebin iz nihanja učinkovitejša pri preseganju napačnega razumevanja, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od mase uteži.

- 5.) Skica kaže matematična nihala, ki imajo enake dolžine vrvice, med seboj pa se razlikujejo po masi kroglice, ki je obešena na vrvi. Temnejše barve kot je kroglica, večja je njena masa. Vsa nihala enako izmaknemo iz ravnovesne lege. Katero nihalo niha z največjim nihajnim časom? Odgovor utemelji.

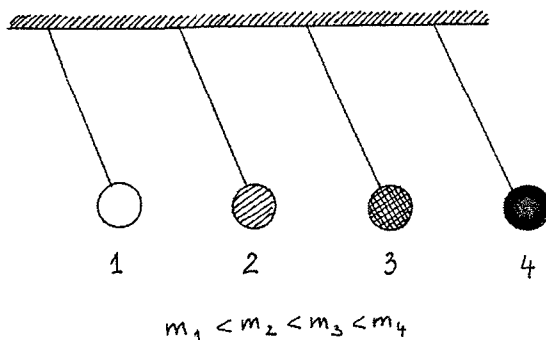


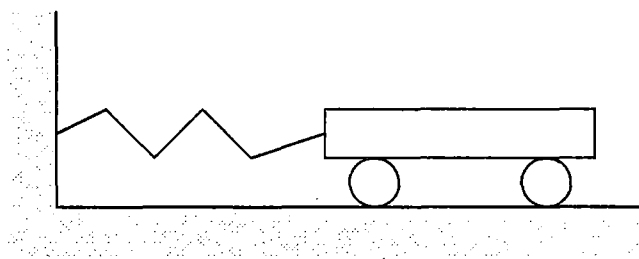
Tabela 10.16: Odgovori dijakov na vprašanje o odvisnosti nihajnega časa matematičnega nihala.

odgovori	A1	A2	B1	B2	C1	C2
enaki	97	33	50	33	37	0
večja masa večji čas	0	27	28	54	33	45
večja masa manjši čas	0	30	0	0	20	20
brez odg.	3	10	22	17	10	35

Analiza odgovorov kaže, da dijaki eksperimentalnih skupin na vseh treh gimnazijah presegajo napačno prepričanje, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od mase uteži v večji meri kot dijaki kontrolnih skupin.

Konstruktivistična metoda poučevanja se je izkazala učinkovitejša pri preseganju napačnega razumevanja, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od mase uteži kot tradicionalni pouk z elementi konstruktivizma (Tabela 10.16).

8. Napisati želimo izraz za celotno energijo vzmetnega nihala, ki nedušeno niha levo in desno kot kaže skica. Kateri izraz pravilno opisuje celotno energijo nihanja?



- a. $W = W_k + W_{pr}$
b. $W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$
c. $\Delta W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$
d. $W = 0$

Naloga preverja, kako so dijaki prenesli znanje, ki so ga usvojili o energiji v mehaniki v novo situacijo – v nihanje.

Analiza odgovorov na vprašanje, ki je zahtevalo uporabo znanja o energiji pri nihanju, je pokazala, da so pri odgovorih na to vprašanje uspešnejši dijaki kontrolnih skupin na gimnaziji C, na gimnaziji A sta obe skupini, kontrolna in eksperimentalna enako uspešni, na gimnaziji B pa je uspešnejša eksperimentalna skupina dijakov. Razlog je iskati v tem, da pri obravnavi energije pri konstruktivističnem pouku ni bilo izvedenih nič praktičnih

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

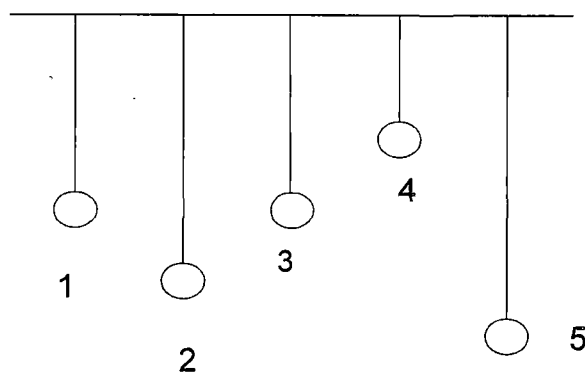
eksperimentov, torej je pouk tega segmenta učne snovi vseboval le malo konstruktivističnih elementov.

Tabela 10.17: Odgovori dijakov na vprašanje, ki je zahtevalo uporabo znanja o energiji .

odgovori	A1	A2	B1	B2	C1	C2
$W = W_k + W_{pr}$ (pravilni)	50	50	21	14	16	60
$W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$	47	41	41	14	80	33
$\Delta W = \Delta W_k + \Delta W_{pr}$	0	6	34	30	0	7
$W = 0$	0	0	4	21	0	0
Brez odgovora.	3	3	0	21	4	0

Naslednja naloga preverja razumevanje resonance.

- 6.) Na vrvici visijo matematična nihala kot kaže skica. Nihala se med seboj razlikujejo le po dolžini vrvic.



Nihalo označeno s številko 1 zanihamo. Katero od preostalih nihalo bo zanihalo z največjim odklonom (φ) od ravnovesne lege?

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.18: Odgovori dijakov na vprašanje v zvezi z resonanco.

Odg.	A1	A2	B1	B2	C1	C2
nihalo št. 2	0	20	3	25	36	0
nihalo št. 3 (prav)	69	7	30	8	18	10
nihalo št. 4	16	10	21	4	18	5
nihalo št. 5	9	30	14	42	28	55
vsa nihajo z enakim časom	6	0	0	8	0	0
brez odg.	0	33	32	13	0	30

Analiza odgovorov potrjuje večjo učinkovitost nove metode poučevanja pri razumevanju vsiljenega nihanja, saj so dijaki eksperimentalnih skupin pravilno odgovorili od 18% na gimnaziji C do 69% na gimnaziji A, medtem ko je bil največji delež pravih odgovorov dijakov kontrolnih skupin 10% dosežen na gimnaziji C (Tabela 10.18).

Analiza odgovorov na vprašanja v testu Preverjanje znanja iz nihanja, s katerimi sem ugotavljala v kolikšni meri so testirani dijaki usvojili izbrane cilje iz učnega načrta iz poglavja Nihanje kaže, da so bili dijaki eksperimentalnih skupin uspešnejši tako pri odgovorih na vprašanja, ki so na taksonomsko nižjem nivoju, kot tudi pri odgovorih na taksonomsko zahtevnejša vprašanja kot dijaki kontrolnih skupin.

Dijaki eksperimentalni skupin so tudi v večji meri presegli pogosto napačno prepričanje, da je nihajni čas matematičnega nihala odvisen od mase uteži kot dijaki kontrolnih skupin.

Test Preverjanje znanja iz nihanja kaže večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma pri testiranju metode doseganja izbranih ciljev iz učnega načrta za nihanje.

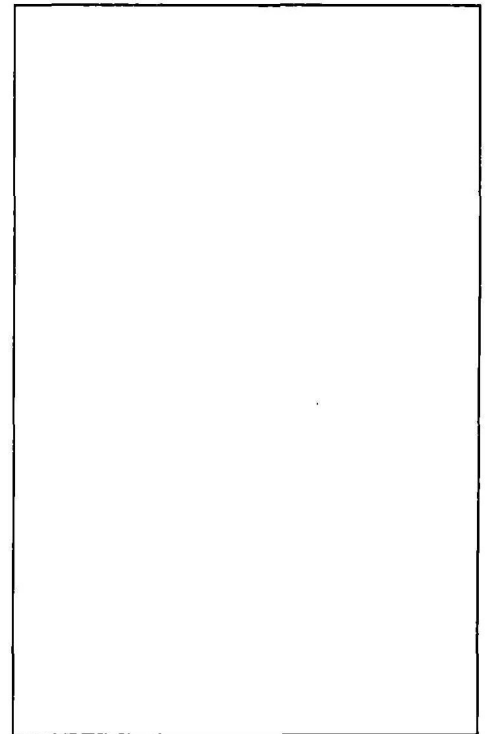
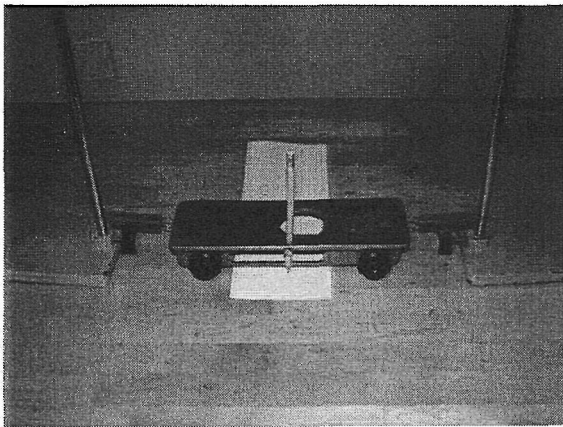
10.4.5 PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU

Namen testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku je bil ugotoviti, ali so dijaki, ki so bili vsebine iz nihanja poučevani s konstruktivistično metodo, uspešnejši pri odgovorih na vprašanja, ki preverjajo doseganje nekaterih ciljev iz učnega načrta za nihanje v primerjavi z vrstniki, ki so bili iste vsebine poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma potem, ko je od obravnave vsebin preteklo leto in pol.

Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku so na taksonomsko različnih stopnjah zahtevnosti, od poznavanja nihanja, opisa periode ter amplitude nihanja, razumevanja sledi nihanja, razumevanja energije dušenega in nedušenega nihanja in grafičnega prikaza časovnega spreminjanja teh dveh energij do razumevanja resonančne krivulje. V testu je tudi vprašanje, ki preverja razumevanje, od katerih količin je odvisen nihajni čas matematičnega nihala. Primerjava deležev pravih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine je pokazala uspešnost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz nihanja v primerjavi z uspešnostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma po letu in pol po obravnavi snovi.

PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU

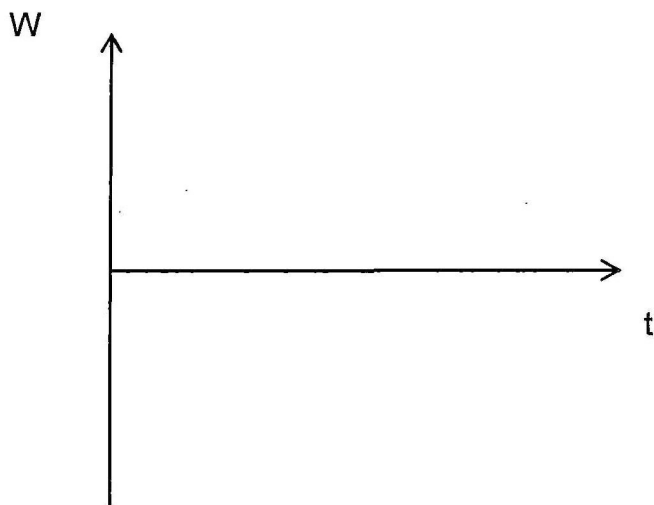
- 1.) V čem se nihanje loči od drugih vrst gibanja?
- 2.) Nariši matematično nihalo in opiši gibanje uteži za eno periodo.
- 3.) Kaj je amplituda nihanja?
- 4.) Opazujemo nihajoči voziček s svinčnikom, pod katerim enakomerno vlečemo papir. Nariši sled, ki jo zariše svinčnik na papirju.



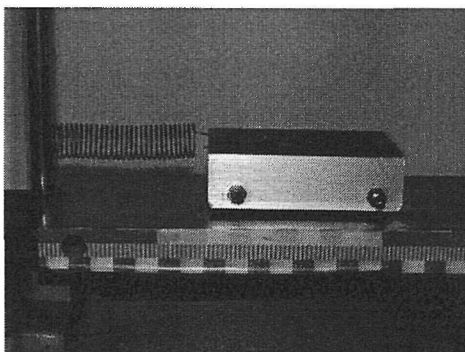
papir

5.) Od katerih količin je pomembno odvisen nihajni čas matematičnega nihala?

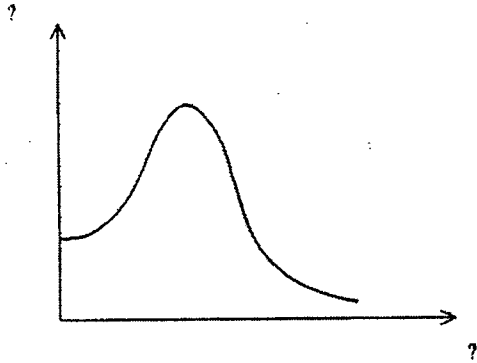
6.) Na isti graf nariši odvisnost celotne energije nedušenega in dušenega nihanja od časa. Označi, katera krivulja velja za dušeno in katera za nedušeno nihanje.



7.) Voziček, pripet na vzmeti niha levo desno. Za voziček na sliki nariši graf odvisnosti kinetične energije v odvisnosti od časa za en nihaj. Graf začni risati v trenutku, ko se voziček nahaja v desni amplitudni legi.



8.) Dani graf predstavlja resonančno krivuljo. Katere količine nanašamo na ordinatno, katere na abscisno os?



Na ordinatno os nanašamo:.....

Na abscisno os nanašamo:.....

10.4.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ NIHANJA V ČETRTEM LETNIKU

Testno skupino je sestavljalo 157 dijakov 4. letnikov gimnazije A. Od tega je bilo 59 dijakov, ki so bili v drugem letniku vsebine iz nihanja poučevani s konstruktivistično metodo ter 93 dijakov, ki so bili omenjene vsebine poučevani tradicionalno z elementi konstruktivizma. Med obravnavo snovi ter reševanjem testa je preteklo približno leto in pol.

V raziskavi je bila uporabljena metoda reševanja testov, ki so skoraj v celoti vsebovali vprašanja odprtega tipa. Vprašanja so bila sestavljena na osnovi Bloomove taksonomije: od poznavanja, razumevanja, uporabe, analize do sinteze znanj. Vprašanja so bila odprtega tipa zato, da dijakov s ponujenimi možnimi odgovori ne bi usmerjali v rešitev, onemogočeno je bilo tudi slučajno obkroževanje odgovorov.

V analizi so dijaki razdeljeni na štiri skupine:

A1: 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani s konstruktivistično metodo

B1: 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalni način

A2: 46 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani s konstruktivistično metodo

B2: 85 dijakov, ki se ne pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

V tabelah sta poleg stolpcev, ki prikazujejo odgovore skupin A1, B, A2 ter B2 še stolpca A ter B, ki prikazujeta: A odgovore vseh dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo ter B odgovore vseh dijakov, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma ne glede na to ali se pripravljajo na maturo iz fizike ali ne. Primerjava rezultatov skupin A in B je primernejša, saj so sicer skupine A1, B1, A2 ter B2 precej neuravnotežene. V skupinah A1 in B1 je število testiranih dijakov precej manjše (13) kot v skupinah A2 (46) ter B2 (85).

Odgovori na posamezna vprašanja so predstavljeni v tabelah, kjer so navadno najprej predstavljeni pravilni odgovori oziroma sprejemljivi odgovori, ki so napisani z debelejšim tiskom. Sledijo napačni odgovori, ki so smiselno razvrščeni v skupine po tipu napake, ki se v njih pojavlja. Ob koncu tabele pa je podan delež odgovorov tipa: se ne spomnim, sem pozabil oziroma dijaki na vprašanje sploh niso odgovorili.

1.) V čem se nihajne loči od drugih vrst gibanja?

Vprašanje ugotavlja, katere značilnosti nihanja so po mnenju dijakov tiste, po katerih se nihanje loči od drugih vrst gibanja. Vprašanje zahteva poznavanje različnih vrst gibanja, njihovo razumevanje ter razumevanje razlik med njimi.

Tabela 10.19: Odgovori dijakov na vprašanje o nihanju.

odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Je periodično gibanje.	77	57	61	50	24	27
Se ne spomnim.	15	30	27	50	45	45
Posamezni napačni odgovori.	8	0	12	0	31	28

Odgovori dijakov kažejo, da je po njihovem mnenju najbolj prepoznavna značilnost nihanja periodičnost. Periodičnost sicer ni izključno značilnost

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

nihanja. Na primer: tudi kroženje je periodično gibanje. Na nivoju opredelitve nihanja in prepoznavanju njegovih značilnosti je bilo uspešnih 61% dijakov skupine A in 27% dijakov skupine B. Presenetljiv je velik delež dijakov skupine B (45%), ki so napisali odgovor: se ne spomnim, kar lahko kaže na večjo trajnost znanja, pridobljenega s konstruktivistično metodo v primerjavi s trajnostjo znanja, pridobljenega na tradicionalni način z elementi konstruktivizma (Tabela 10.19).

2.) Nariši matematično nihalo in opiši gibanje uteži za eno periodo.

Tabela 10.20: Odgovori dijakov na vprašanje o periodi nihanja.

odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Pravilna slika matematičnega nihala.	100	92	94	92	65	71
Narišejo vzmetno nihalo.	0	4	3	0	4	3
Se ne spomnim.	0	4	3	8	32	29
Pravilni opis periode.	100	78	83	46	9	14
Perioda kot polovica nihanja.	0	0	0	8	8	8
Perioda kot četrtnina nihaja.	0	0	0	8	0	1
Se ne spomnim.	0	25	17	38	78	73
Uporabijo fizikalne pojme: amplituda, ravnovesna lega.	38	59	54	15	5	6

Vprašanje najprej ugotavlja, v kolikšni meri se dijaki še spomnijo, katero nihalo je matematično. Glede na to, da so dijaki v odgovoru na prvo vprašanje kot značilnost nihanja, po kateri se loči od ostalih gibanj, navedli le periodičnost, ne pa tudi natančneje opredelili v čem se nihanje loči od drugih periodičnih gibanj, je to vprašanje v nadaljevanju zahtevalo poznavanje ter uporabo periode pri opisu nihanja. Namen tega vprašanja

je bil tudi ugotoviti, katere pojme – iz vsakdanjega življenja ali fizikalne bodo dijaki uporabili pri opisu gibanja uteži v eni periodi.

Prvi del vprašanja je na nivoju poznavanja, opis gibanja uteži za eno periodo pa zahteva poznavanje in uporabo znanja o periodi nihanja.

Odgovori dijakov kažejo, da se skoraj vsi dijaki spomnijo (od 92% do 100%), katero nihalo je matematično, le dijaki skupine B2 so dosegli slabši rezultat (65%). Velike razlike med odgovori dijakov skupine A ter B pa so se pokazale pri opisu periode (A 83% ter B 14%) ter uporabi fizikalnih izrazov amplituda in ravnovesna lega (A 54% ter B 6%). Analiza odgovorov kaže, da so razlike med rezultati skupin A in B večje pri odgovorih na dele vprašanja, ki so na višji taksonomski stopnji (Tabela 10.20).

3.) Kaj je amplituda nihanja?

Vprašanje preverja pomnjenje pojma amplituda. Glede na to, da je že prejšnje vprašanje testiralo uporabo fizikalnih pojmov pri opisu nihanja, to vprašanje dodatno preverja poznavanje izbranega fizikalnega pojma.

Tabela 10.21: Odgovori dijakov na vprašanje o amplitudi nihanja.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Pravilna opredelitev pojma amplituda.	92	61	59	38	26	28
Napačna opredelitev pojma amplituda.	8	13	12	31	32	32
Se ne spomnim.	0	26	20	31	42	41

Dijaki skupine A so v 59% pravilno opredelili pojem amplituda, dijaki skupine B pa le v 28%. Med napačnimi odgovori je 5% dijakov skupine A2, 14% dijakov skupine B1 ter 5% dijakov skupine B2 amplitudo zamenjalo z nihajnim časom, 8% dijakov skupine A2, 17% dijakov skupine B1 ter 7%

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

dijakov skupine B2 pa je amplitudo zamenjalo s potjo enega nihaja (Tabela 10.21).

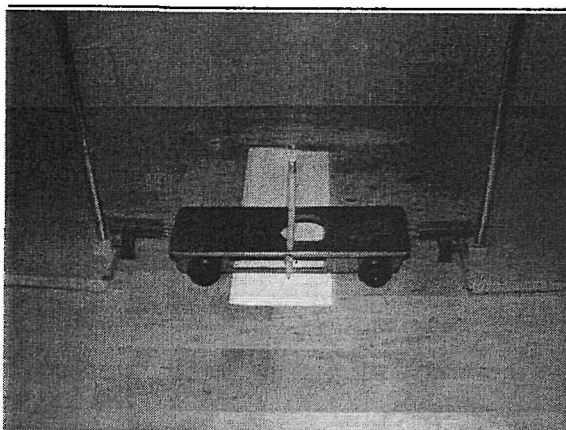
Analiza odgovorov na to vprašanje potrjuje večjo uspešnost dijakov skupine A pri uporabi fizikalnih izrazov. Tudi pri odgovorih na ta vprašanje je delež odgovorov »se ne spomnim« dijakov skupine B velik: 41%, medtem, ko je ta odgovor napisalo 20% dijakov skupine A.

4.) Opazujemo nihajoč voziček s svinčnikom, pod katerim enakomerno vlečemo papir. Nariši sled, ki jo zariše svinčnik na papirju.

Tabela 20.22: Odgovori dijakov na vprašanje o sledi nihanja.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Periodična krivulja	100	92	94	100	82	84
Sinusna periodična krivulja.	77	59	63	50	48	48
Cik-cak krivulja.	23	35	32	50	34	36
Sinusna krivulja z upoštevanjem trenja.	38	30	32	31	32	32
Črta, vzporedna z abscisno osjo.	0	4	3	0	14	12
Posamezni napačni odgovori.	0	0	0	0	4	12
Se ne spomnim.	0	2	2	0	7	6

Vprašanje preverja na osnovi preprostega primera, v kolikšni meri se dijaki spomnijo, kakšna je sled nihanja.



Velika večina dijakov vseh skupin je narisala neko periodično krivuljo. Dijaki skupine A so v večji meri (63%) pravilno narisali sinusno obliko krivulje kot dijaki skupine B (48%) (Tabela 10.22).

Analiza odgovorov na to vprašanje kaže večjo uspešnost dijakov skupine A pri risanju sledi preprostega nihala.

5.) Od katerih količin je pomembno odvisen nihajni čas matematičnega nihala?

Vprašanje preverja v kolikšni meri še po letu in pol po obravnavi snovi dijaki vedo, da nihajni čas matematičnega nihala ni pomembno odvisen od mase uteži ter od začetnega odmika.

Tabela 10.23: Odgovori dijakov na vprašanje o nihajnem času matematičnega nihala.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Prav.	38	7	14	23	4	7
Omenjena masa.	31	52	47	38	36	36
Omenjen začetni odmik.	23	20	21	30	36	35
Omenjena začetna sila	0	7	5	0	4	3
Se ne spomnim.	0	22	17	15	34	31

Pravilno je na vprašanje odgovorilo 14% dijakov skupine A in 7% dijakov skupine B. Še vedno pa precej dijakov tako skupine A (47%) kot skupine B (36%) verjame, da je nihajni čas matematičnega nihala pomembno odvisen od mase uteži ter 21% dijakov skupine A in 25% dijakov skupine B meni, da je nihajni čas pomembno odvisen od začetnega odmika (Tabela 10.23).

Analiza odgovorov kaže, da po letu in pol po obravnavi snovi odgovarjajo na vprašanje o odvisnosti nihajnega časa matematičnega nihala uspešneje dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo kot dijaki, ki so bili poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

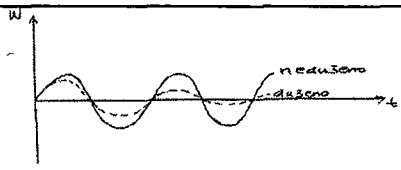
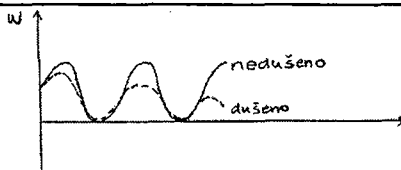
6.) Na isti graf nariši odvisnost celotne energije nedušenega in dušenega nihanja od časa. Označi, katera krivulja velja za dušeno in katera za nedušeno nihanje.

Vprašanje preverja ali dijaki še vedo, da je celotna energija nedušenega nihanja konstantna. Drugi del vprašanja: odvisnost celotne energije nedušenega nihanja od časa, pa je po Bloomu na taksonomski ravni sinteze. Nobena od skupin dijakov pri pouku v tretjem letniku tega grafa ni risala, torej morajo sedaj uporabiti znanje o energiji in hkrati znanje o dušenem nihanju.

Odgovori dijakov kažejo, da je pravilno odgovorilo 26% dijakov skupine A in 9% dijakov skupine B, poleg tega je pravilno odgovorilo na vprašanje o energiji nedušenega nihanja 9% dijakov skupine A in 1% dijakov skupine B. Kar 28% dijakov skupine A ter 21% dijakov skupine B meni, da se celotna energija nihanja s časom periodično spreminja in ima tudi negativne vrednosti. Velik je tudi delež dijakov skupine B (63%), ki so v odgovoru navedli, da se ne spomnijo, kakšna je celotna energija nihanja (Tabela 10.24).

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.24: Odgovori dijakov na vprašanje o energiji nihanja.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Obe krivulji prav.	48	20	26	15	8	9
Samo nedušeno prav.	15	7	9	0	1	1
Samo dušeno prav.	0	0	0	0	0	0
	30	28	28	23	20	21
	0	11	9	8	0	1
Posamezne napačne sledi.	0	10	8	0	6	1
Se ne spomnim.	7	24	20	54	65	63

Rezultati odgovorov na vprašanje kažejo, da konstruktivistična metoda poučevanja zagotavlja večjo uspešnost tudi pri doseganju ciljev iz nihanja, ki so na višji taksonomski ravni kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

7.) Voziček, pripet na vzmet, niha levo-desno. Za voziček na sliki nariši graf odvisnosti kinetične energije od čas za en nihaj. Graf začni risati v trenutku, ko se voziček nahaja v desni amplitudni legi.

Vprašanje je kompleksno in preverja razumevanja več elementov naenkrat: razumevanje spreminjanja kinetične energije s časom ter uporabo pojma perioda. Dijaki morajo pri risanju grafa paziti tudi na začetno vrednost kinetične energije. Vprašanje je na taksonomski ravni sinteze.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

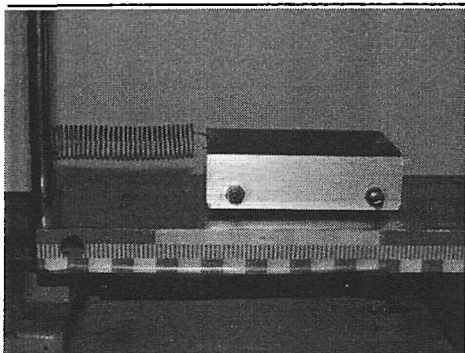


Tabela 10.25: Odgovori dijakov na vprašanje o energiji vozička.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Vse prav.	18	6	9	28	2	5
Perioda prav.	62	20	29	46	10	15
Začetna vrednost energije prav.	70	26	36	74	18	25
Se ne spomnim.	8	7	7	8	47	42

Analiza odgovorov na vprašanje kaže, da je dosegla najboljše rezultate skupina dijakov B1(28%), vendar gledano v celoti: skupina A (9%) ter skupina B (5%) je nekoliko uspešnejša od skupine B(5%). Dijaki skupine A so bili uspešnejši (29%) pri opredeljevanju periode nihanja kot dijaki skupine B (15%) in uspešnejši pri opredeljevanju začetne vrednosti energije (36%) kot dijaki skupine B (25%). Kar 42% dijakov skupine B in le 7% dijakov skupine A je v odgovorih napisalo, da se ne spomnijo, kako bi opisali časovno spreminjanje kinetične energije (Tabela 10.25).

8.) Dani graf predstavlja resonančno krivuljo. Katero količino nanašamo na ordinatno, katero na abscisno os?

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Vprašanje zahteva razumevanje resonančne krivulje. Dijaki morajo vedeti kaj resonančna krivulja sploh predstavlja, torej morajo razumeti pojav resonance in vedeti, kdaj do tega pojava pride.

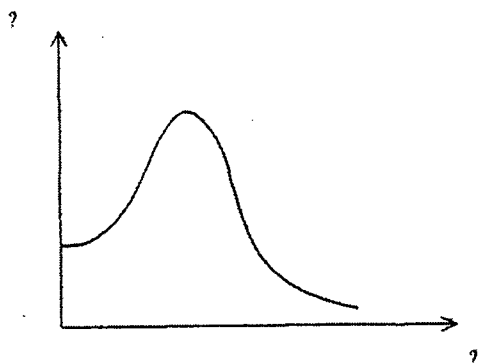


Tabela 10.26: Odgovori dijakov na vprašanje o resonančni krivulji.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Vse prav.	15	2	5	15	2	4
Na katerikoli osi narišejo frekvenco.	69	2	32	15	5	6
Na katerikoli osi narišejo čas.	31	30	30	23	29	28
Na katerikoli osi narišejo valovno dolžino.	15	2	5	15	1	3
Na katerikoli osi narišejo energijo.	0	13	10	8	10	10
Se ne spomnim.	23	54	47	46	75	71

Analiza odgovorov na vprašanje ne kaže bistvene razlike v številu pravih odgovorov med skupinama A (5%) in B (4%). Večina dijakov skupin B (71%) je napisala, da se v zvezi z resonančno krivuljo ničesar ne spomnijo. Kljub nizkemu deležu popolnoma pravih odgovorov, so dijaki skupine A izkazali boljše poznavanje resonančne krivulje, saj so pogosteje omenjali frekvenco (32%), kot dijaki skupine B (6%), ostali odgovori: čas, valovna dolžina, energija pa so popolnoma zgrešeni (Tabela 10.26).

Analiza odgovorov na vprašanja testa Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku kaže, da so rezultati dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo v splošnem boljši kot rezultati dijakov, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma. Rezultati dijakov skupine A so boljši tako na nivoju poznavanja, razumevanja kot tudi na višjih taksonomskih ravneh, kjer so razlike še nekoliko večje. Velik delež odgovorov dijakov skupine B tipa »se ne spomnim« na več vprašanj v testu nakazuje, da je nova metoda poučevanja učinkovitejša ne le v doseganju rezultatov znanja ampak tudi v trajnosti usvojenega znanja.

Rezultati testov Referenčni test iz nihanja, Preverjanje znanja iz nihanja ter Preverjanje znanja iz nihanja v četrtem letniku kažejo, da je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri doseganju ciljev iz učnega načrta za nihanje kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma. Razlike se kažejo tako pri doseganju ciljev, ki so na taksonomsko nižjem, kot tudi višjem nivoju, kjer so razlike med dosežki eksperimentalnih in kontrolnih skupin še večje. Dijaki testiranih eksperimentalnih skupin so bili tudi uspešnejši pri odgovorih na vprašanja, ki so preverjala preseganje napačnih razumevanj o odvisnosti nihajnih časov preprostih nihaj.

Pri testiranju je nekoliko odstopala po uspešnosti skupina A1. To skupino sem poučevala sama in sem imela več izkušenj pri poučevanju s konstruktivistično metodo kot kolega, ki sta poučevala eksperimentalni skupini na gimnazijah B in C.

10.5 DODATEK E

Dodatek E vsebuje obravnavo ciljev iz učnega načrta za valovanje s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma ter obravnavo istih ciljev s konstruktivistično metodo. Obravnava ciljev je predstavljena v obliki učnih priprav, ki so napisane kot priprave za posamezno učno uro. Po pripravi za vsako učno uro za poučevanje s konstruktivistično metodo je napisan tudi komentar učne ure.

10.5.1 TRADICIONALNA OBRAVNAVA CILJEV IZ VALOVANJA Z ELEMENTI KONSTRUKTIVIZMA

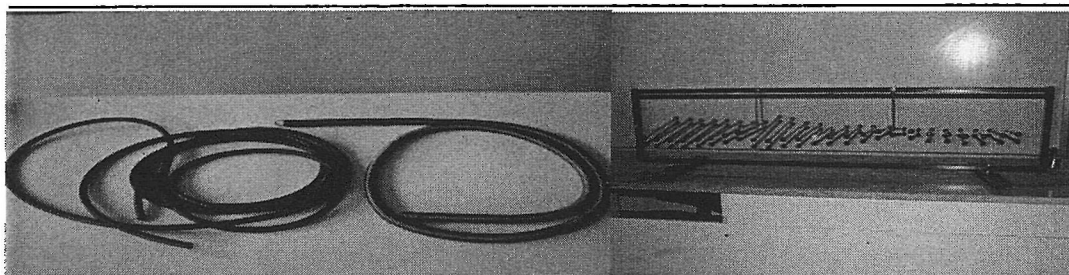
Tradicionalna obravnava ciljev iz učnega načrta za gimnazije za poglavje Valovanje je napisana v obliki učnih priprav. Učne priprave so zapisane na osnovi tega, kako sem poučevala vsebine iz valovanja preden sem začela z razvojem konstruktivistične metode in na osnovi pogovorov o tem, kako poučujejo vsebine iz valovanja kolegi. Pri vsaki učni uri so najprej zapisani cilji iz učnega načrta za valovanje, ki so bili obravnavani v uri. Vsaka učna ura je razdeljena na uvod, jedro in zaključek.

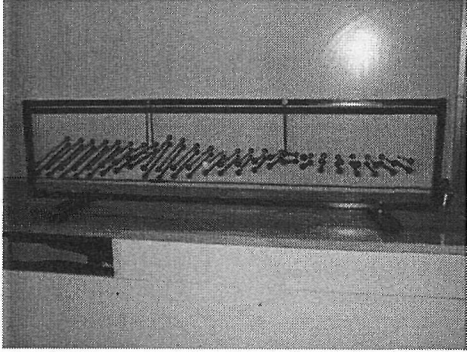
1. ura

Cilji: pojasniti nastanek motnje, hitrost motnje, opisati longitudinalno in transverzalno valovanje in naštetih primere obeh vrst valovanja; grafično prikazati trenutno sliko sinusnega potujočega valovanja

Potrebščine: dolga gumijasta vrv, dolga vzmet, učilo za prikaz valovanja.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže transverzalno valovanje na vrvi in longitudinalno na vzmeti ter pove, da je tako gibanje valovanje in napove obravnavo valovanja.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo demonstracijski eksperiment.</p>
<p>Jedro</p> <p>Poimenuje transverzalno in longitudinalno valovanje ter pove, da je za transverzalno valovanje značilno, da so odmiki sredstva pravokotni na smer širjenja valovanja, odmiki sredstva pri longitudinalnem valovanju pa so vzporedni s smerjo širjenja valovanja. Pokaže poskus z modelom vrvi ter pojasni, da posamezni deli vrvi nihajo.</p>  <p>Poda opis valovanja ob trenutni sliki valovanja.</p>	<p>Jedro</p> <p>Pišejo zapiske:</p> <p>Sodelujejo pri opisu gibanj »delov vrvi« na modelu vrvi. Pišejo zapiske.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Zaključek</p> <p>Pozove dijake, da še sami naštejejo in opišejo nekaj primerov valovanja.</p> <p>Nariše še nekaj trenutnih slik valovanja, na njih označi izbrano točko, dijaki pa opišejo, kako se izbrana točka giblje.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja in rešujejo naloge.</p>
---	---

2. ura

Cilji:

- na trenutni sliki potujočega sinusnega valovanja določiti amplitudo in valovno dolžino
- pojasniti pojme: hrib, dol, zgoščina, razredčina
- povezati c , λ in t_0

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Z dijaki ponovi ob skici trenutno sliko transverzalnega in longitudinalnega valovanja: kaj je značilno za transverzalno, kaj za longitudinalno valovanje? Kako opišemo valovanje?</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Nariše trenutno sliko transverzalnega valovanja, pove, kaj je amplituda, vpelje pojme hrib, dol ter definira valovno dolžino.</p> <p>Nariše trenutno sliko longitudinalnega valovanja ter vpelje pojme: zgoščina in razredčina ter pove, kaj je valovna dolžina.</p> <p>Vpelje hitrost valovanja c ter z</p>	<p>Jedro</p> <p>Pišejo zapiske.</p>

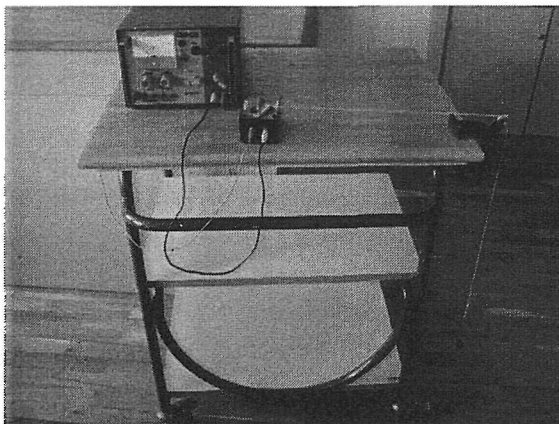
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

uporabo enačbe $s = vt$ vpelje zvezo $\lambda = ct_0$.	
Zaključek Reševanje računskih nalog iz učbenika.	Zaključek Rešujejo naloge.

3. ura

Cilji: pojasniti nastanek in lastnosti stoječega valovanja ter pojma hrbet in vozeli

Potrebščine: vrv, ŠMI, brnač, škripec, vrvica, uteži.



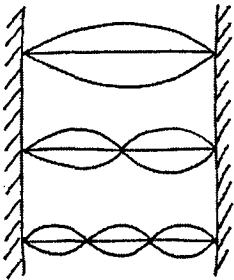
UČITELJ	UČENCI
Uvod Ponovi z dijaki značilnosti potujočega transverzalnega in potujočega longitudinalnega valovanja: kje opazimo longitudinalno, kje transverzalno valovanje, kaj je valovna dolžina, kako izračunamo	Uvod Sodelujejo in odgovarjajo na vprašanja.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>hitrost valovanja. Napove obravnavo stoječega valovanja.</p>	
<p>Jedro Pokaže odboj transverzalne motnje na prostem in vpetem koncu vrvi ter pove značilnosti obeh odbojev motnje. Pokaže stoječe transverzalno valovanje in stoječe longitudinalno valovanje na vpeti vrvi oz. vzmeti tako, da drug konec vrvi oz. vzmeti vrne na pero brnača. Opiše stoječe valovanje, pokaže, kje so vozli, kje hrbti valovanja. Nariše še skico stoječega transverzalnega valovanja, označi vozle, hrbte, ter pove, da je razdalja med sosednjima vozloma enaka polovici valovne dolžine. Napiše enačbo za odvisnost hitrosti valovanja od sile, s katero v vrv napeta: $c = \sqrt{F/\mu}$, pri čemer je μ dolžinska gostota vrvi.</p>	<p>Jedro Sodelujejo in pišejo zapiske.</p>
<p>Zaključek Rešujejo računske naloge iz učbenika.</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>

4. ura

Cilji: pojasniti lastna nihanja strune in kvalitativno povezati frekvenco strune s silo, s katero je vrv napeta.

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovi stoječe valovanje: kako nastane stoječe valovanje, kaj je zanj značilno, kako izmerimo valovno dolžino pri stoječem valovanju.</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pove, kaj je struna ter na kakšne načine lahko niha. Začne z osnovnim lastnim nihanjem in ob vsakem izpelje enačbo za lastno frekvenco.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> $v_1 = \frac{c}{2l}$ $v_2 = \frac{c}{l} = 2v_1$ $v_3 = 3v_1$ </div> </div> <p style="text-align: center;">$v_n = nv_1$</p>	<p>Jedro</p> <p>Delajo zapiske.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Reševanje računskih nalog iz učbenika.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo naloge.</p>

5. ura

Cilji:

- eksperimentalno preveriti odvisnost hitrosti valovanja na vrvi od sile, s katero je vrvica napeta.

Navodilo:

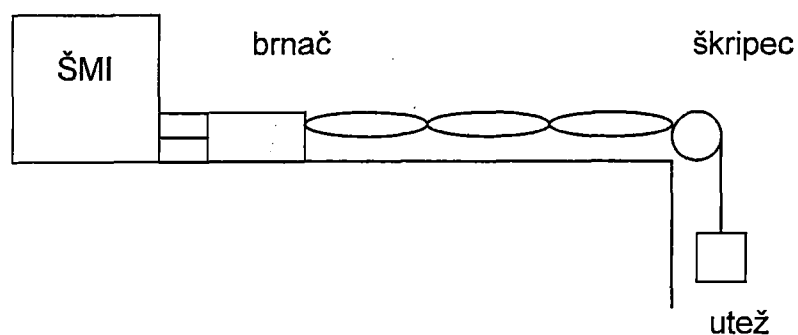
ODVISNOST HITROSTI VALOVANJA OD SILE, S KATERO JE VRV NAPETA

1.) NALOGA: Preveri odvisnost hitrosti valovanja na vpeti vrvi od sile:

$$c \propto \sqrt{F}.$$

2.) POTREBŠČINE: vrv, brnač, ŠMI, škripec, uteži.

3.) SKICA:



4.) MERITEV: Na vrvi opazuj stoječe valovanje. Spreminjaj maso uteži, ki je obešena na vrv preko škripca in si zapisuj razdaljo med sosednjima vozloma stoječega valovanja na vrvi. Meritve zapisuj v tabelo. Nariši graf $c(F)$.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

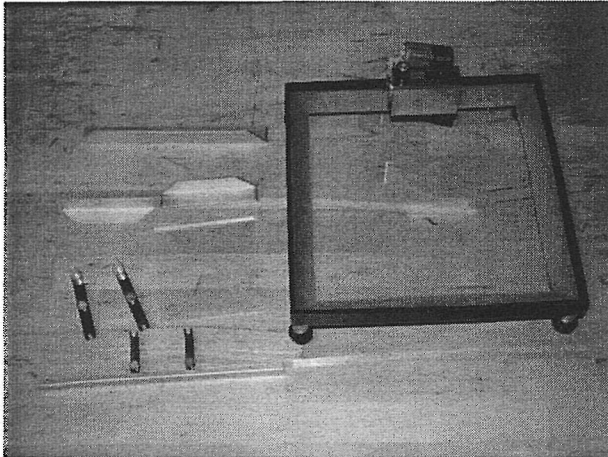
5.) UGOTOVITVE IN KOMENTAR: Ali velja zveza $c \propto \sqrt{F}$? Navedi vzroke napak meritve.

6. ura

Cilji:

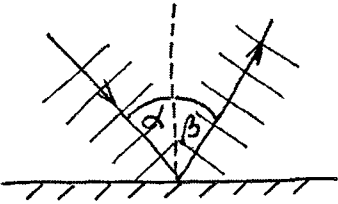
- ob primeru valovanja na vodni gladini pojasniti pomena valovna črta in žarek
- opisati odboj

Potrebščine: valovna kad, točkast vir valovanja, prečka kot vir valovanja, pregrada za demonstracijo odboja.



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovi izbrane pojme: kaj je značilno za transverzhalno valovanje, kaj je valovna dolžina, kako opišemo valovanje.</p> <p>Napove obravnavo valovanja v dveh dimenzijah: na vodni površini.</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>

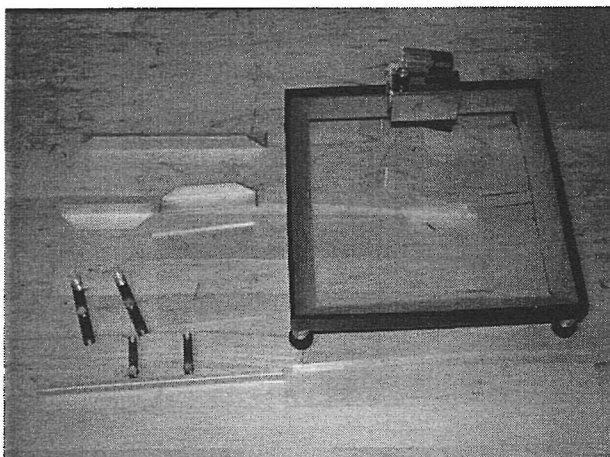
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Jedro</p> <p>V valovni kadi pokaže krožno valovanje. Na tablo nariše trenutno sliko krožnega valovanja ter definira pojma valovna črta in valovni žarek ter označi valovno dolžino. V valovni kadi pokaže še ravno valovanje ter nariše trenutno sliko ravnega valovanja (valovne črte in valovne žarke) in tudi tu označi valovno dolžino.</p> <p>Pokaže odboj krožnega valovanja od ravne ovire in nariše skico.</p> <p>Pokaže odboj ravnega valovanja, nariše skico:</p>  <p>Vpelje pojme: vpadna pravokotnica, vpadni, odbojni žarek, vpadni, odbojni kot ter napiše odbojni zakon: $\alpha = \beta$.</p> <p>Pove, da se pri odboju ohranjajo: frekvenca, valovna dolžina ter velikost hitrosti, spremeni se le smer hitrosti.</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo eksperimente in pišejo zapiske.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Utrjevanje na novo vpeljanih pojmov: skiciraj trenutno sliko krožnega (ravnega) valovanja; skiciraj, kako se odbije krožno, kako ravno valovanje, katera zakonitost velja za odboj.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>

7. ura

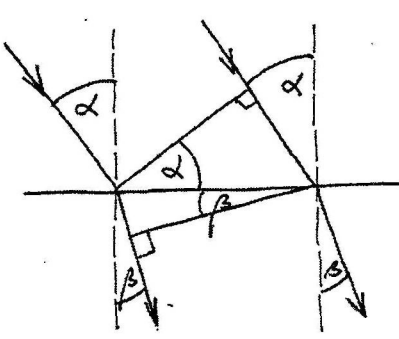
Cilji: opisati lom valovanja

Potrebščine: valovna kad, steklo, vir točkastega ter ravnega valovanja.



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovitev odboja: kdaj pride do odboja, katere količine se pri odboju ohranijo in katere ne, kaj pravi odbojni zakon.</p> <p>Napove: obravnavali bomo lom.</p>	<p>Uvod</p> <p>Sodelujejo in odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Demonstrira lom ravnega valovanja v valovni kadi ob prehodu valovanja iz globoke v plitvo vodo. Nariše skico:</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo poskus.</p> <p>Delajo zapiske.</p>

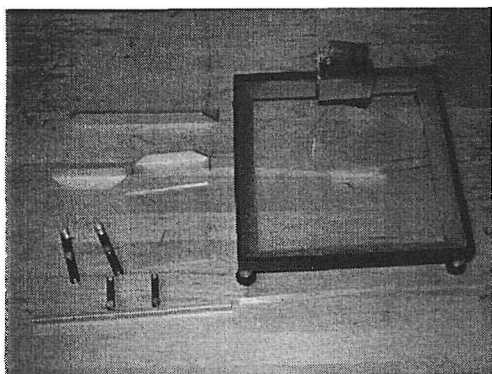
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Vpelje: vpadni kot α, lomni kot β. Nariše novo skico in izpelje lomni zakon:</p>  <p>$c_2 \sin \alpha = c_1 \sin \beta$...lomni zakon</p>	
<p>Zaključek Reševanje računskih nalog iz učbenika.</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>

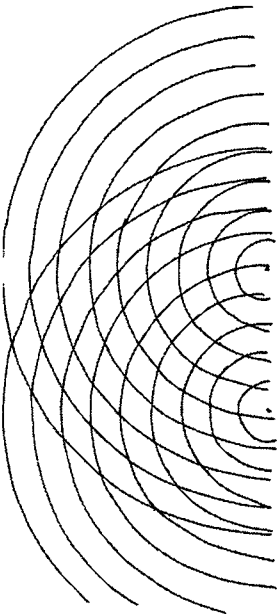
8. ura

Cilji: opisati interferenco valovanja dveh točkastih virov, ki nihata na enak način.

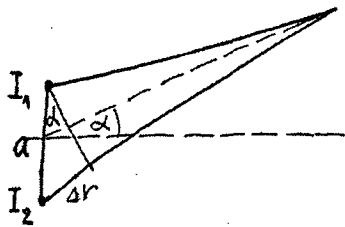
Potrebščine: valovna kad, dva točkasta vira valovanja.



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Ponovitev snovi: narišejo trenutno sliko krožnega valovanja in ponovijo pojme: kaj je valovna črta, kaj ponazarja valovni žarek, kaj je valovna dolžina.</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>
<p>Jedro</p> <p>Pokaže interferenco dveh valovanj, ki izhajata iz dveh točkastih virov, ki nihata na enak način. Dijake opozori na pasove ojačitve in oslabitve. Nariše skico:</p>  <p>ter izpelje enačbo za pasove ojačitve in oslabitve:</p>	<p>Jedro</p> <p>Opazujejo eksperiment in delajo zapiske.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

 <p> $\Delta r = n\lambda \dots$ ojačitev $\Delta r = (n+1)\frac{\lambda}{2} \dots$ oslabitev </p> <p> $a \sin \alpha = n\lambda \dots$ ojačitev $a \sin \alpha = (n+1)\frac{\lambda}{2} \dots$ oslabitev </p>	
<p>Zaključek Reševanje računskih nalog iz učbenika.</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p>

10.5.2 KONSTRUKTIVISTIČNA OBRAVNAVA CILJEV IZ VALOVANJA

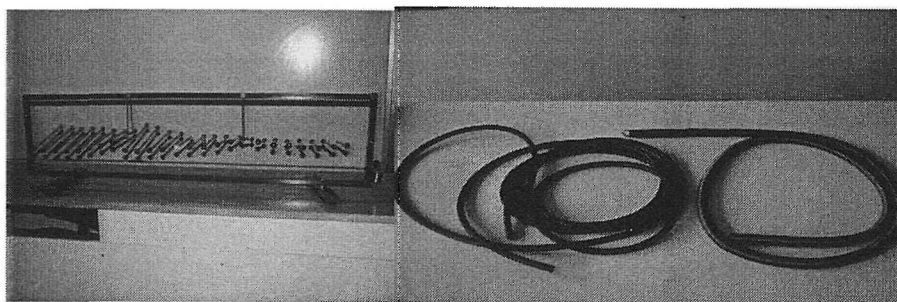
Konstruktivistična obravnava ciljev iz valovanja je predstavljena v obliki učnih priprav, zapisanih za posamezno učno uro posebej. Na začetku so najprej zapisani cilji iz učnega načrta, ki so bili obravnavani v učni uri. Sledi seznam potrebščin, potrebnih za izvedbo ure ter potek učne ure, razdeljen na uvod, jedro in zaključek. Za vsako učno uro so zapisane tako aktivnosti za učitelja kot za dijake. Potek obravnave ciljev, predstavljenih v pripravah, je rezultat večletnega razvoja konstruktivistične metode, v katerem sem evidentirala tudi najpogostejše napačne odgovore dijakov na posamezna vprašanja. Najpogostejši možni napačni odgovori dijakov so predstavljeni v učnih pripravah, kakor tudi posegi učitelja ob predstavljenih napačnih odgovorih.

Po vsaki pripravi za posamezno učno uro je zapisan tudi komentar ure.

1. ura

Cilji: pojasniti nastanek motnje, opisati longitudinalno in transverzalno valovanje

Potrebščine: papir, vrvice, vzmeti, trakovi različnih barv, model vrvi



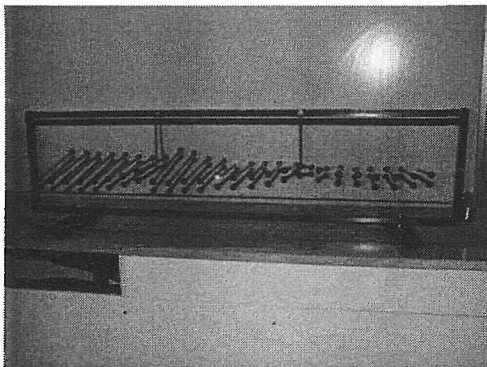
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Motivacijski eksperiment: pokaže interferenco dveh točkastih virov v valovni kadi, ki nihata na enak način.</p> <p>Postavi vprašanje: opišite, kaj se dogaja na vodni površini. Kako bi pojasnili dogajanje?</p> <p>Napove, da bodo ob koncu poglavja prikazani eksperiment znali pojasniti.</p>	<p>Uvod</p> <p>Dijaki so prejšnjo uro rešili Referenčni test iz valovanja.</p> <p>Opazujejo in opisujejo eksperiment.</p>
<p>Jedro</p> <p>Med skupine dijakov razdeli vrvice in vzmeti.</p> <p>Naloga: na list papirja položite raztegnjeno vrvico in narišite njeno lego. Nato rahlo udarite po vrvici v prečni smeri ter narišite spremenjeno obliko vrvice.</p> <p>Označite tudi, kje in v kateri smeri so delovale sile.</p> <p>Vprašanje: ali se je vrv premaknila samo na mestu, kjer ste nanjo delovali s silo?</p> <p>Naloga: na mizi nekoliko raztegnite vzmet. Z roko rahlo udarite po enem koncu vzmeti v smeri osi vzmeti.</p> <p>Vprašanja: opišite, kaj se zgodi, skicirajte. Kako se gibljejo</p>	<p>Jedro</p> <p>Izvajajo eksperiment. Ena izmed skupin dijakov poroča, ostale jo dopolnijo.</p> <p>Izvajajo eksperiment. Druga izmed skupin dijakov poroča, ostale jo dopolnijo.</p> <p>Tretja izmed skupin dijakov poroča, ostale jo dopolnjujejo.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

posamezni ovoji vzmeti?

Pokaže eksperiment z modelom vrvi.



Vpelje pojem motnja.

Naloga: vzemite rahlo raztegnjeno vzmet in na enega izmed koncev delujete v vzdolžni smeri s periodično silo. Vprašanje: opišite, kaj se dogaja z vzmetjo ter narišite skico.

Če odgovorijo: vrv valuje, učitelj vpraša: opišite gibanje posameznih delov vrvi.

Dijaki odgovorijo: nihajo pravokotno glede na vrv.

Če dijaki odgovorijo: deli vrvi se premikajo v smeri valovanja, učitelj označi na vrvi dve točki in vpraša: kako se gibljeta označena dela.



(dijaki na vrvico zavežejo pentlji različnih barv) Dijaki odgovorijo, da nihata, vendar ne na enak način.

Izvajajo nalogo, ena skupina poroča, ostale jo dopolnjujejo.

Če odgovorijo: v smeri premikov vrvi oz, obročev vzmeti, učitelj vpelje pojma

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Vprašanje: v čem se razlikujeta valovanja na vrvi ter na vzmeti?</p> <p>Vprašanje: kaj se dogaja z motnjo (hrib, dol; zgoščina, razredčina), ko se po vrvi oz, vzmeti širi valovanje?</p> <p>Vpelje hitrost valovanja kot hitrost potovanja motnje.</p>	<p>transverzalno in longitudinalno valovanje ter opredeli hrib, dol, zgoščino in razredčino.</p> <p>Odgovarjajo na vprašanje.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Navedite svoje primere valovanja ter pojasnite, kakšno je: transverzalno ali longitudinalno.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Dijaki odgovarjajo.</p>

Komentar učne ure

Kot demonstracijski eksperiment za uvod v poglavje je bil izbran eksperiment, pri katerem opazujemo interferenco dveh točkastih izvorov valovanja na vodni površini, ki nihata na enak način. Ta eksperiment je bil izbran zato, ker je analiza vprašanj v anketi o pouku fizike med dijaki pokazala, da so dijaki opredelili interferenco kot zelo zanimivo vsebino.

Poskusi z vrvjo ter vzmetjo v jedru ure so učinkoviti, ker ob njih dijaki ločujejo gibanje vrvi oziroma vzmeti od potovanja motnje. Tudi z učilom, ki predstavlja model vrvi in je bilo izdelano na šoli, dijakom nazorno prikažemo razliko med gibanjem medija in potovanjem motnje na vrvi.

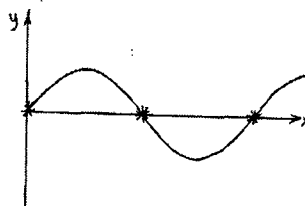
2. ura

Cilji: grafično prikazati trenutno sliko potujočega sinusnega valovanja in na njej določiti amplitudo in valovno dolžino; povezati c , λ in t_0 .

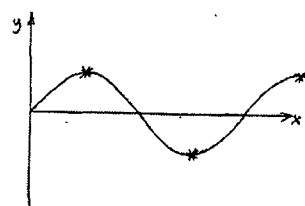
Potrebščine: papir

ostale točke, ki nihajo na enak način kot označena točka.

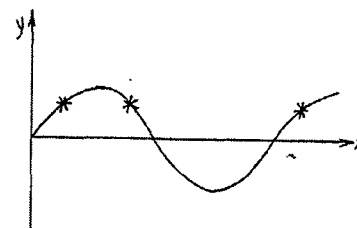
Če narišejo:



ali



ali



učitelj vpraša: izberite si dve sosednji označeni točki ter z rokama pokažite, kako nihata.

Naloga: na trenutni sliki sinusnega valovanja poiščite dve sosednji točki, ki nihata na enak način.

Vpelje pojem valovna dolžina.

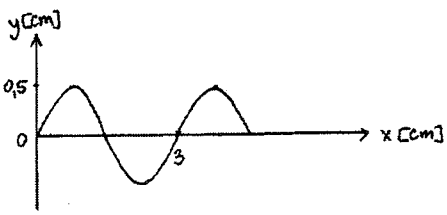
Učenci označijo dve sosednji točki, ki nihata na enak način.

Naloga: daljšo gumijasto vrv (lahko tudi tanjšo dolgo vzmet) položimo na

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>tla. Eden izmed dijakov jo na enem koncu nepremično drži, drugi pa zaniha prost konec vrvi. Vprašanje: kolikšno razdaljo prepotuje motnja na vrvi v času t_0?</p> <p>Vprašanje: frekvenco vira, ki povzroča valovanje, povečamo. Kaj se zgodi s hitrostjo valovanja?</p> <p>Vprašanje: ali je hitrost valovanja odvisna še od katere količine?</p>	<p>Če odgovorijo: polovico valovne dolžine, jim da učitelj nalogo, naj na trenutni sliki valovanja z eno roko na ordinatni osi pokažejo, kako niha vir, z drugo roko pa gredo po krivulji trenutne slike sinusnega valovanja.</p> <p>Če odgovorijo: se poveča, da učitelj dijakoma, ki opravljata eksperiment z vrvjo nalogo: spreminjajte frekvenco roke, s katero povzročate valovanje na vrvi. Kaj opazite?</p> <p>Če odgovorijo: od amplitude, da učitelj nalogo: spreminjajte velikost amplitude, s katero povzročate valovanje ter ocenite hitrost valovanja. (Dijaka opravita še eksperiment na vrvi, pri čemer dijak, ki vrv niha, poskrbi, da niha z različnimi amplitudami.)</p>
<p>Zaključek</p> <p>Naloga: iz dane trenutne slike sinusnega valovanja preberite amplitudo ter valovno dolžino.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo nalogo.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

 <p>Narišite trenutno sliko valovanja, ki ima valovno dolžino 2cm in amplitudo 3cm.</p> <p>Računske naloge, v katerih uporabijo enačbo $c = \lambda v$.</p>	
---	--

Komentar učne ure

V uvodu učne ure učitelj z vprašanji vodi dijake od opisa nihanja k opisu valovanja. Pri opisu valovanja s trenutno sliko izkoristi učitelj znanje dijakov, ki so ga o grafičnem prikazu kotnih funkcij usvojili pri matematiki.

Vpeljava pojma valovna dolžina potek postopoma, da se dijaki že v postopku vpeljave pojma soočijo z morebitnimi napačnimi predstavami, kateri deli vrvi nihajo na enak način.

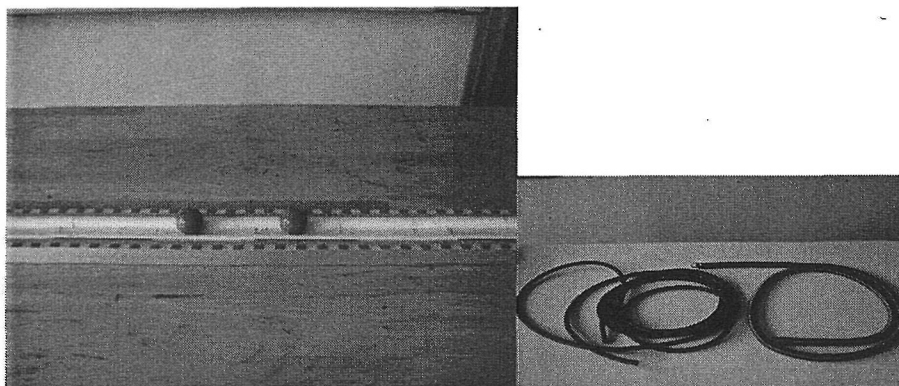
Za ugotavljanje, od katerih količin je odvisna hitrost potovanja motnje na vrvi, si je potrebno vzeti dovolj časa, da dijaki eksperimentalno preizkusijo svoje hipoteze. Pri tem je treba uporabiti dovolj dolgo prožno vrv oziroma ožjo vzmet.

3. ura

Cilji: kritičen prenos znanja iz mehanike v valovanje, primerjava trka dveh kroglic ter srečanja dveh motenj

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Potrebščine: vodilo, kroglice, dolga tanka vzmet, milimetrski papir s trenutnimi slikami valovanj



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže centralni trk dveh kroglic.</p> <p>Vprašanje: opišite, kaj se zgodi, ko kroglici centralno trčita.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo eksperiment in odgovorijo: kroglici se odbijeta.</p>
<p>Jedro</p> <p>Da navodilo za eksperiment: na tla položimo dolgo tanko vzmet. Dva dijaka udarita prečno vsak svoj konec vzmeti.</p> <p>Vprašanje: kaj se zgodi z motnjama, ko se srečata?</p> <p>Povzame: potovanja motenj ne</p>	<p>Jedro</p> <p>Dva dijaka pokažeta eksperiment, ostali opazujejo.</p> <p>Če odgovorijo: motnji se odbijeta, izničita, seštejeta, da učitelj navodilo: dijaka, ki opravljata eksperimenta z vzmetjo, naj sedaj opravita eksperiment tako, da se potrudita, da eden povzroči motnjo z manjšo, drugi pa z večjo amplitudo. Dijaki tako lažje ločijo obe motnji in vidijo kaj se zgodi, ko se srečata.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

moremo obravnavati tako, kot smo obravnavali gibanje kroglic. Motnji se ob srečanju ne odbijeta, niti izničita, ampak potujeta ena skozi drugo.	
Zaključek Vzemimo, da smo na obeh koncih vrvi povzročili različni transverzalni motnji. Narišite skico na milimetrski papir. Nato v nekaj zaporednih trenutkih skicirajte obliko vrvi tako, da bo vidno, kaj se zgodi po srečanju motenj.	Zaključek Narišejo vsoto valovanj na milimetrski papir. Skice prilepijo na tablo in jih komentirajo.

Komentar učne ure

Cilj te ure ni iz nabora ciljev, zapisanih v učnem načrtu. Tuja literatura kaže, da dijaki nekritično prenašajo znanja, usvojena pri mehaniki v valovanje (Wittmann 2002). Med razvojem metode se je izkazalo, da je pomembno, da primerjamo trk kroglic in srečanje dveh motenj kot samostojen učni cilj.



Tuja literatura ter tudi analiza Referenčnega testa iz valovanja kažejo, da so dijaki pogosto prepričani, da se motnji, ki potujeta druga proti drugi, ob srečanju odbijeta, tako kot kroglici (Wittmann 2002). Zato so pri uri izbrani eksperimenti, ob katerih dijaki oba pojava opazujejo in primerjajo.

4. ura

Cilji: spoznati, kako se transverzalna motnja odbije od prostega ter kako od vpetega konca vrvi; spoznati, kako nastane stoječe valovanje

Potrebščine: papir, skica s trenutnima slikama vpadnega in odbitega valovanja, vrvice

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Vprašanje: kaj se zgodi z longitudinalnimi in kaj s transverzalnimi motnjami, ko se srečajo?</p>	<p>Uvod</p> <p>Odgovorijo na vprašanje.</p>
<p>Jedro</p> <p>Naloga: kaj se zgodi z motnjo, ko pripotuje do prostega oz. vpetega konca vrvi? Preverite z eksperimentom.</p> <p>Povzame: na vpetem koncu vrvi se hrib odbije kot dol oz. dol kot hrib, na prostem koncu vrvi pa se hrib odbije kot hrib in obratno, ter vpelje pojma odboj z isto in odboj z nasprotno fazo.</p> <p>Naloga: ponovite poskus na vrvi, ki je na enem koncu vpeta, na drugem pa povzročajte valovanje s periodično silo roke. Kaj opazite?</p>	<p>Jedro</p> <p>Po skupinah izvedejo eksperiment. Ena skupina poroča, ostale jo dopolnijo.</p> <p>Če odgovorijo: vrv se čudno zvija, učitelj predlaga: narišite to »zvijanje«.</p> <p>Če narišejo:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>ali</p> <div style="text-align: center;">  </div>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Definira: vozeli, hrbet stoječega valovanja</p> <p>Vprašanje: ali se da določiti valovno dolžino stoječega valovanja?</p> <p>Povzame definicijo valovne dolžine.</p>	<p>Učitelj pove, da je to stoječe valovanje.</p> <p>Če odgovorijo: valovna dolžina je razdalja med sosednjima vozli, učitelj komentira: torej je valovna dolžina tudi razdalja med vrhovoma sosednjih hrbtov. To pomeni, da točki sredi sosednjih hrbtov nihata na enak način. Ali je to res? Preverite z eksperimentom.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Demonstrirajte stoječe valovanje na vrvi ter ocenite hitrost širjenja valovanja na njej. Katere podatke potrebujete?</p> <p>Amplituda roke, s katero povzročamo valovanje na dolgi vrvi je 10cm. Kolikšen je odmik vrvi na sredini hrbta?</p> <p>Učitelj demonstrira stoječe longitudinalno valovanje na vzmeti. Kje so vozli, kje hrbti valovanja, kolikšna je valovna dolžina? Navedite svoje primere stoječega transverzalnega valovanja.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Naredijo eksperiment in ocenijo hitrost.</p> <p>Rešijo nalogo.</p> <p>Opišejo stoječe longitudinalno valovanje.</p>

Komentar učne ure

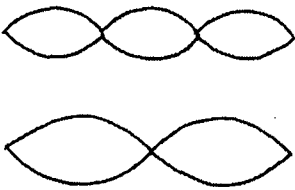
Razumevanje nastanka stoječega valovanja je po mnenju učiteljev eden izmed ciljev, pri katerem dijaki veliko težav z razumevanjem. Tako je namreč pokazala anketa o pouku fizike, izvedena med učitelji fizike.

Učni poseg je razdeljen tako, da dijaki najprej usvojijo odboj motnje z isto oziroma nasprotno fazo. Nato nadaljujejo z eksperimentom, s katerim najprej pokažejo, kakšno je stoječe valovanje in poiščejo njegove značilnosti. Šele nato učitelj vpelje fizikalne pojme v zvezi s stoječim valovanjem.

5. ura

Cilji: določitev lastnih frekvenc strune

Potrebščine: papir, vpeta vrvica, vpeta vzmet

UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Imamo dve enaki struni. Na njima vzbudimo različni stoječi valovanji.</p>  <p>Vprašanje: v čem se dani stoječi valovanji razlikujeta?</p>	<p>Uvod</p> <p>Če odgovorijo: v valovni dolžini, učitelj vpraša: kako pa lahko dosežemo, da imamo na enakih vrveh različna stoječa valovanja? Dijaki odgovorijo: različno jih vzbujamo.</p>
<p>Jedro</p> <p>Naloga: vzbujajte vrv tako, da bo na njej nastalo stoječe valovanje z</p>	<p>Jedro</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

največjo možno valovno dolžino.

Narišite skico.

Naloga: kakšno bo naslednje

možno lastno nihanje.

Eksperimentalno preizkusite.

Skicirajte.

Vprašanje: Ali obstajajo še drugi načini nihanja strune?

Povzame: nariše skice npr. prvih treh harmoničnih nihanj strune in ob skicah ob sodelovanju dijakov zapiše enačbe za lastne frekvence:

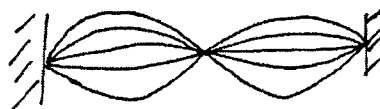
Naredijo eksperiment. Eden od dijakov drži vrvico rahlo napeto v rokah, drugi pa jo s prstom prečno zaniha. Dijaki narišejo skice.

Če narišejo:



učitelj pove, da je to osnovno lastno nihanje strune.

Naredijo eksperiment ter skicirajo:



učitelj pove, da je to prvo harmonično lastno nihanje.

Dijaki jih nekaj narišejo:



Sodelujejo pri zapisu enačb in pišejo zapiske.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

$v_1 = \frac{c}{2l} \dots \text{osnovna lastna}$ $v_2 = \frac{c}{l} = 2v_1 \dots \text{prva harmonična}$ $v_n = nv_1$	
<p>Zaključek Z vzmetjo demonstrirajte osnovno lastno nihanje ter ocenite hitrost valovanja.</p> <p>Frekvenco vzbujanja vzmeti spremenite tako, da dobite na vzmeti prvo harmonično lastno nihanje. Ocenite hitrost valovanja. Komentirajte rezultat.</p> <p>Računske naloge iz stoječega valovanja iz učbenika.</p>	<p>Zaključek Eksperimentirajo in odgovarjajo na vprašanja.</p>

Komentar učne ure

Ura je namenjena izpeljavi enačb lastnih frekvenc strune. Dijaki v jedru ure najprej eksperimentalno spoznajo lastna nihanja strune, spoznajo, katero ima največjo valovno dolžino in s tem najmanjšo frekvenco. Učitelj nato ob sodelovanju dijakov izpelje enačbe za lastne frekvence strune.

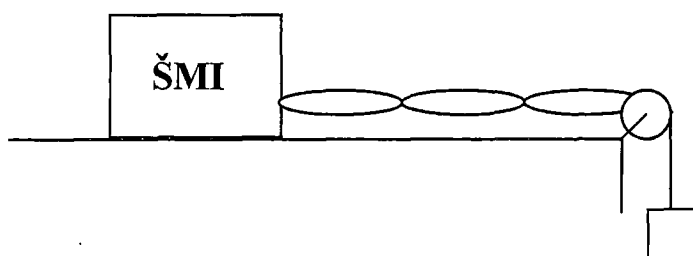
6. ura

Cilji: kvalitativno ugotoviti (z eksperimentom), kako je hitrost širjenja valovanja na vpeti vrvi odvisna od sile, s katero je vrv napeta

Učitelj da navodilo:

STOJEČE VALOVANJE

1. Naloga: ugotovite, kako je hitrost valovanja na vrvi odvisna od sile, s katero je vrv napeta.
2. Potrebščine: ŠMI, brnač, vrvica, škripec, uteži, meter, tehtnica
3. Skica:



4. Meritve: Izmeri valovno dolžino stoječega valovanja na vrvi pri petih različnih obremenitvah vrvice. Brnač niha s frekvenco 50Hz . Za vsako meritev izračunaj hitrost valovanja. Meritve in izračune hitrosti vpisuj v tabele.
5. Obdelava meritev: nariši graf $c(F)$ in poskušaj ugotoviti medsebojno odvisnost teh dveh količin. Kako se o predvideni odvisnosti prepričaš?
6. Ugotovitve in komentar: napišite ugotovitve in komentirajte dobljeni rezultat.

Komentar učne ure

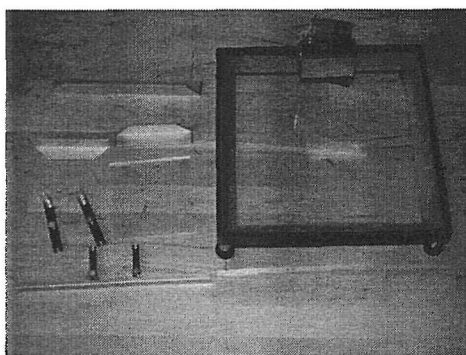
V tej učni uri izvedejo dijaki laboratorijsko vajo, pri kateri eksperimentalno ugotovijo, kako je hitrost valovanja odvisna od sile, s katero je vrv napeta. Dijaki te odvisnosti ne poznajo vnaprej, zato ima eksperimentalna vaja raziskovalni značaj.

Dijaki eksperiment izvedejo v skupinah. Ena skupina poroča, ostale jo dopolnjujejo.

7. ura

Cilji: opisati valovanje na vodni površini, narisati trenutno sliko valovanja, spoznati krožno ter ravno valovanje

Potrebščine: papir, komplet z valovno kadjo



UČITELJ	UČENCI
Uvod Naloga: zamislite si, da v mirujočo vodo spustite majhen kamen. Kaj opazite na vodni gladini?	Uvod Če odgovorijo: valovanje, učitelj vpraša: natančneje opišite to valovanje. Učenci opišejo valovanje s svojimi besedami, npr.: od mesta, kjer je kamen padel v vodo se navzven širijo krogi.

Jedro

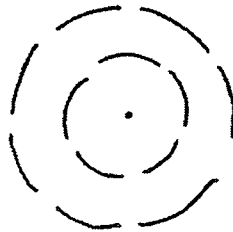
Pokaže krožno valovanje v valovni kadi ter ga projicira na tablo.

Naloga: skicirajte opazovano valovanje, kot ga vidite, če ga opazujete od zgoraj.

Jedro

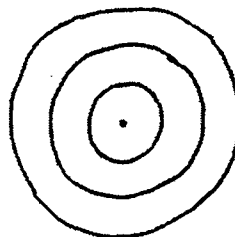
Če narišejo skico:

1.

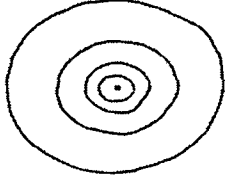
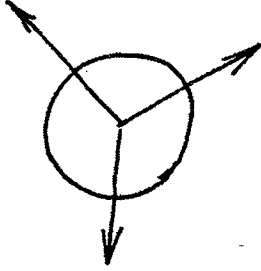
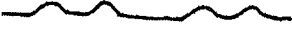


učitelj vpraša: kaj pomenijo prekinjene koncentrične krožnice. Če dijaki odgovorijo: na ta način smo ponazorili, da se valovanje širi, učitelj vpraša: kako smo pri potujočem valovanju v eni dimenziji (vrv) opisali valovanje. Dijaki odgovorijo: narisali smo trenutno sliko valovanja.

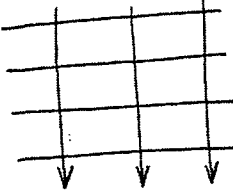
2.



Učitelj vpraša: kaj pomenijo koncentrične krožnice? Če odgovorijo: vrhove hribov, učitelj

<p>Vpelje pojem trenutna slika valovanja, valovna črta ter valovna dolžina.</p> <p>Vprašanje: v kateri smeri se širi valovanje?</p> <p>Vpelje pojem valovni žarek.</p> <p>Naloga: skicirajte prečni prerez</p>	<p>vpraša: ali bi bila slika bistveno drugačna, če bi črte narisali na dnu dolin? Kaj je značilno za točke vodne gladine na dnu dolin oz. na vrhu hribov?</p> <p>Učenci predvidoma: vse so enako odmaknjene od mirujoče gladine.</p> <p>3.</p>  <p>Učitelj vpraša: ali se valovna dolžina z oddaljenostjo od vira večja?</p> <p>Dijaki odgovorijo: ne poveča se, le tako smo narisali.</p> <p>Dijaki skicirajo:</p>  <p>Dijaki skicirajo:</p> 
--	--

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>vode, na kateri opazujemo krožno valovanje</p> <p>Pokaže ravno valovanje v valovni kadi in ga projicira na tablo.</p> <p>Naloga: skicirajte trenutno sliko valovanja, nanjo narišite tudi valovne žarke.</p> <p>Vpelje pojem ravno valovanje.</p> <p>Vprašanje: kako se gibljejo deli vode, ko na njej opazujemo krožno valovanje?</p> <p>Demonstrira: na vodno gladino potrese majhne papirčke, da se dijaki prepričajo, da se krožno valovanje širi navzven, papirčki pa nihajo gor in dol.</p>	<p>Skicirajo</p>  <p>Če odgovorijo: navzven, učitelj vpraša: od kod doteka voda na sredino in kam odteka z roba kadi?</p>
<p>Zaključek</p> <p>Naloga: vir valovanja na vodni gladini ima obliko kocke. Narišite trenutno sliko valovanja. Skicirajte valovne žarke. Na skici označite valovno dolžino.</p> <p>Domača naloga:</p> <p>Na pladenj nalijte vodo in s svinčnikom povzročajte krožno valovanje. Kako se spremeni valovna dolžina, če frekvenco nihanja slamice povečate?</p>	<p>Zaključek</p> <p>Eksperimentirajo in rešujejo naloge.</p>

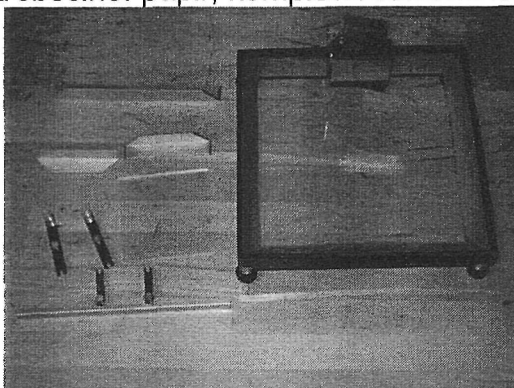
Komentar učne ure

Pri demonstraciji krožnega valovanja v valovni kadi mora biti učitelj pozoren na globino vode, da disperzija valovanja ne moti preveč. Najprimernejša globina je 2cm do $2,5\text{cm}$. Valovanje na vodni površini je kompleksen pojav. Deli vode ob vodni površini pravzaprav krožijo, poleg tega z razdaljo od vira pada tudi amplituda valovanja. Vendar tako podroben opis gibanja delov vode ob vodni površini ni potreben.

8. ura

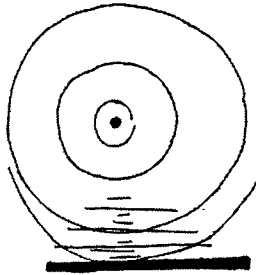
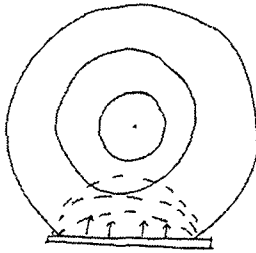
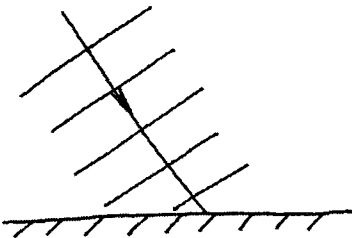
Cilji: opis odboja pri valovanju na vodni površini

Potrebščine: papir, komplet z valovno kadjo

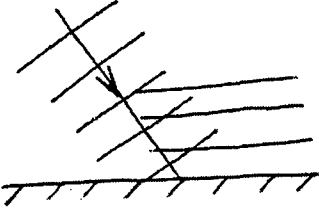


UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže krožno valovanje v valovni kadi.</p> <p>Vprašanje: kaj se bo zgodilo, če pride krožno valovanje na ravno oviro?</p>	<p>Uvod</p> <p>Če odgovorijo: odbilo se bo, da učitelj nalogo: skicirajte kako se bo odbilo.</p> <p>Če skicirajo</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Naredi povzetek.</p>	 <p>učitelj vpraša: ovire ne dosežejo vse točke izbrane valovne črte istočasno. Ali tiste, ki jo dosežejo prej, »čakajo« ostale, da je valovna črta po odboju ravna?</p> <p>Če skicirajo:</p>  <p>učitelj vpraša: ali se odbijejo vse valovne črte, ki dosežejo oviro ali se izbrana večkrat.</p>
<p>Jedro Naloga: narisano je vpadno ravno valovanje in ovira. Narišite, kako se bo valovanje odbilo.</p> 	<p>Jedro</p> <p>Če narišejo:</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Pokaže odboj ravnega valovanja v valovni kadi in nariše skico (vpadna pravokotnica, vpadni, odbojni kot).</p> <p>Vprašanje: ali velja za odboj kakšna zakonitost?</p> <p>Vprašanje: katere količine se pri odboju spremenijo in katere ne.</p>	 <p>učitelj nadaljuje: narišite še valovni žarek po odboju. V kateri smeri bi se odbilo valovanje, če bi vpadalo pravokotno na oviro?</p> <p>Dijaki se o pravilnosti svojega odgovora prepričajo ob opazovanju demonstracijskega eksperimenta. Če odgovorijo: vpadni kot je enak odbojnemu, učitelj to ugotovitev zapiše z enačbo ter pove, da je to odbojni zakon.</p> <p>Odgovorijo na vprašanje.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Navedite primere odboja valovanja v naravi, vsakdanjem življenju.</p> <p>Kakšne oblike mora biti ovira, da dobimo iz krožnega ravno valovanje.</p>	<p>Zaključek</p> <p>Odgovarjajo na vprašanja.</p>

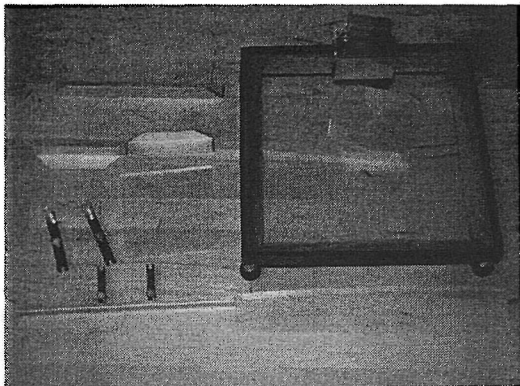
Komentar učne ure:

Učna ura poteka tako, da dijaki najprej sami napovedo, kako se bo odbilo krožno in kako ravno valovanje od ravne ovire. Učitelj spremlja, kakšne skice so narisali dijaki, poskrbi za predstavitev skic ter za jasen povzetek.

9. ura

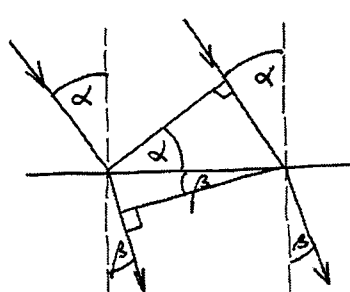
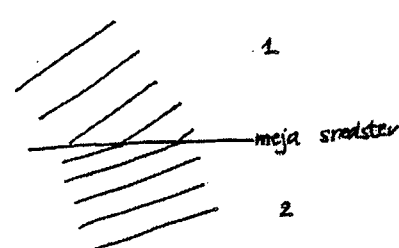
Cilji: spoznati lom valovanja

Potrebščine: papir, komplet z valovno kadjo



UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Pokaže lom valovanja v valovni kadji pri prehodu ravnega valovanja iz globoke v plitvo vodo.</p> <p>Naloga: opišite, kaj vidite ter skicirajte valovne črte.</p> <p>Vprašanje: katere količine se pri lomu spremenijo in katere ne.</p>	<p>Uvod</p> <p>Opazujejo eksperiment.</p> <p>Če opišejo: valovne črte nad steklom so gostejše, učitelj vpraša: zakaj. Če odgovorijo: ker se frekvenca poveča, učitelj vpraša: čemu je enaka razdalja med sosednjima valovnima črtama? Če se frekvenca poveča, kaj povzroča na meji med globoko in plitvo vodo nastanek novih valov?</p> <p>Odgovorijo.</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Nariše skico z dvema vzporednima valovnima žarkoma in izpelje lomni zakon.</p>  <p>$c_2 \sin \alpha = c_1 \sin \beta$...lomni zakon</p>	<p>Sodelujejo pri izpeljavi lomnega zakona.</p>
<p>Zaključek Skica kaže lom ravnega valovanja</p>  <p>Ali je hitrost valovanja večja v sredstvu 1 ali 2? Na mejo med dva različno hrapava steklena papirja zakotali kroglico (avtomobilček). Skiciraj, kako se giblje kroglica in pojasni zakaj. Navedite primere loma iz vsakdanjega življenja. Reševanje računskih nalog z uporabo lomnega zakona.</p>	<p>Zaključek Rešujejo naloge.</p> <p>Naredijo eksperiment, opišejo gibanje kroglice ter gibanje pojasnijo.</p>

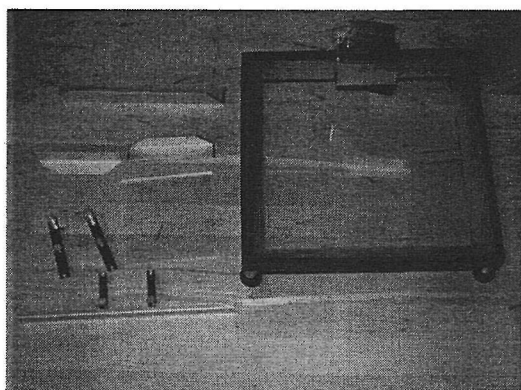
Komentar učne ure:

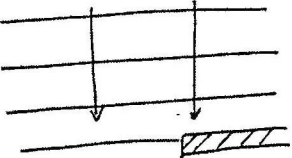
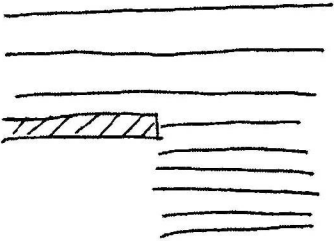
Usvajanje loma poteka tako, da dijaki najprej opazujejo eksperiment ter ga skušajo pojasniti sami. Učitelj jih z vprašanji vodi do pravih zaključkov ter ob sodelovanju dijakov izpelje lomni zakon.

10. ura

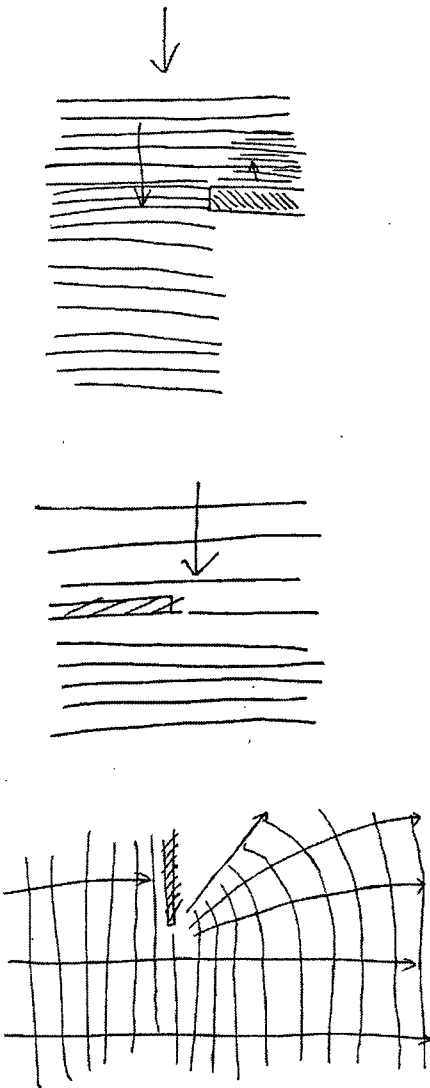
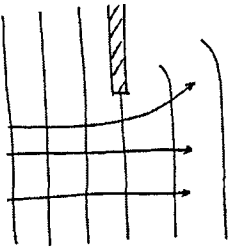
Cilji: opis uklona

Potrebščine: papir, komplet z valovno kadjo

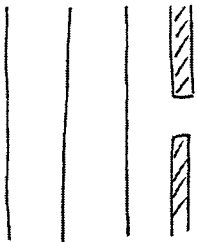
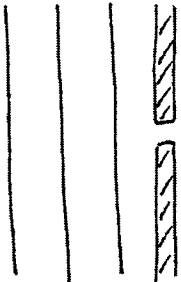


UČITELJ	UČENCI
<p>Uvod</p> <p>Naloga: zamislimo si, da pade ravno valovanje na oviro:</p>  <p>Vprašanje: kako se širi valovanje za oviro?</p>	<p>Uvod</p> <p>V parih narišejo skice. Če narišejo:</p> 

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Poslušaj predstavitve dijakov.</p>	 <p>Dijaki svoje skice predstavijo in argumentirajo narisano.</p>
<p>Jedro Pokaže uklon ravnega valovanja v valovni kadi:</p> 	<p>Jedro</p>

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

<p>Vprašanje: pojasnite, zakaj se valovne črte za oviro ukrivijo?</p> <p>Naloga: kako se bo širilo ravno valovanje skozi odprtino:</p>  <p>Pokaže prehod valovanja skozi odprtino v valovni kadi.</p> <p>Kaj pa če je odprtina ožja?</p>  <p>Pokaže prehod valovanja skozi ozko odprtino v valovni kadi.</p>	<p>Odgovorijo: tudi, ko smo udarili prečno po vrvi so se premaknili tudi sosednji deli vrvi, tako se tu premaknejo sosednji deli vode. Ker ovira »poreže« valove, se ob robu ne morejo kar nehati.</p> <p>Narišejo skico.</p> <p>Preverijo svoje rešitve. Narišejo skico.</p> <p>Preverijo svoje rešitve.</p>
<p>Zaključek Navedejo primere uklona iz vsakdanjega življenja.</p>	<p>Zaključek Sedijo navodilom učitelja.</p>

Komentar učne ure

Usvajanje opisa uklona poteka tako, da dijaki najprej napovedo izid eksperimenta ter svoje napovedi predstavijo. Nato pravilnost napovedi preverijo ob opazovanju demonstracijskega eksperimenta.

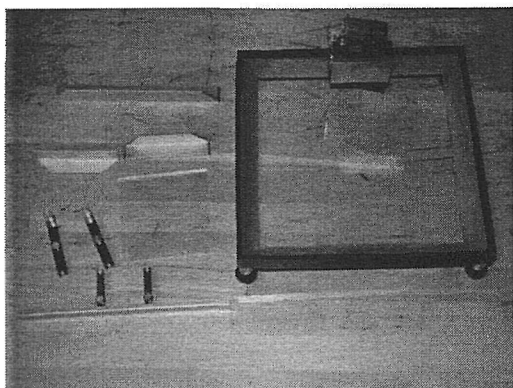
KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Cilj opis uklona ni v a nivoju učnega načrta za gimnazije iz poglavja Valovanje, temveč sodi v cilje, ki so zapisani v maturitetnem katalogu. Učiteljem je prepuščeno, ali ta pojav obravnavajo že prej.

11. ura

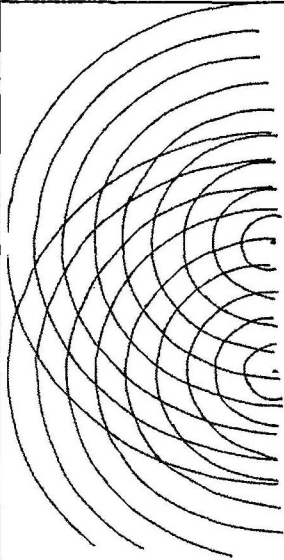
Cilji: opis interference

Potrebščine: papir, komplet z valovno kadjo

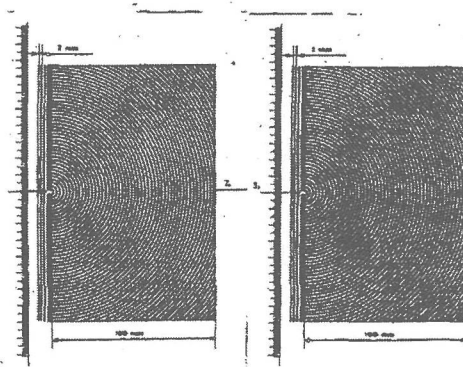


UČITELJ	UČENCI
Uvod Naloga: predstavljajmo si, da imamo na vodni površini dva točkasta vira, ki nihata na enak način. Narišite, kako se bo obnašala vodna gladina.	Uvod Če odgovorijo: kjer se valovanji »zaletita« nastane še večji val, jih učitelj vpraša: kaj se je zgodilo z vpadnim in odbitim valovanjem na vrvi, ko sta se srečali.
Jedro Pokaže uvodni eksperiment: interferenco dveh točkastih virov v valovni kadji, ki nihata na enak način.	Jedro Opazujejo eksperiment: projekcijo na tablo ter še direktno vodno gladino, da vidijo pasove ojačitve in oslabitve v dveh dimenzijah.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



Pokaže nadomestni poskus s trenutnima slikama točkastih virov na foliji, ki nihata na enak način (Jereb 1980).



Vprašanje: katero so pasovi ojačitve: temne ali svetle proge?

Kaj se bo zgodilo s številom pasov ojačitev, če razdaljo med viroma povečamo?

Spreminja razdaljo med viroma. Dijaki se prepričajo o pravilnosti svojega odgovora.

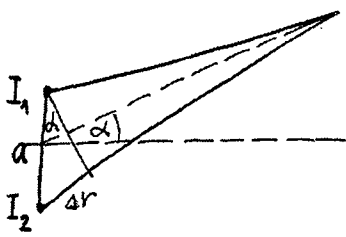
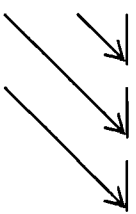
Nariše skico:

Opazujejo pasove ojačitve in oslabitve.

Odgovorijo na vprašanje.

Odgovorijo na vprašanje.

Sodelujejo pri izpeljavi:

 <p>Vprašanje: kateri pogoj mora biti izpolnjen, da bo v točki O ojačitev?</p> <p>Povzame : $a \sin \alpha = n \lambda \dots$ ojačitev</p> <p>Vprašanje: ali je število pasov ojačitev neomejeno?</p> <p>Ob sodelovanju dijakov napiše še izraz za oslabitev:</p> $\Delta r = (n+1) \frac{\lambda}{2} \dots \text{oslabitev}$	$\Delta r = 0, \lambda, 2\lambda \dots$ <p>Povedo izraz za maksimalno število pasov ojačitev na eni strani simetrale.</p>
<p>Zaključek</p> <p>Utrjevanje z računskimi nalogami iz učbenika, ki zahtevajo uporabo enačb za ojačitev oz. oslabitev.</p> <p>Kaj se zgodi, če imamo namesto dveh virov, ki nihata na enak način 3, 4, ...?</p> <p>Ali velja zapisana enačba za ojačitev tudi za naslednji primer?</p> 	<p>Zaključek</p> <p>Rešujejo naloge.</p>

Zaključek poglavja Dijaki ponovno rešujejo Referenčni test iz valovanja ter Preverjanje znanja iz valovanja.	
--	--

Komentar učne ure:

Učni načrt predvideva le opis interference, ne pa tudi izpeljave pogojev za ojačitev ter oslabitev. Razlog, da je bila ura izpeljana tako, kot je predstavljeno v učni pripravi, je v tem, da so dijaki v uvodu v valovanje kot demonstracijski eksperiment opazovali prav interferenco dveh točkastih virov na vodni površini, ki nihata na enak način. Tako so dijaki spoznali, kaj se dogaja pri interferenci na vodni površini.

Povzetek ugotovitev:

Pri tradicionalni obravnavi ciljev iz valovanja z elementi konstruktivizma ter konstruktivistični obravnavi istih ciljev so pogosto uporabljeni enaki eksperimenti. Vendar pri konstruktivističnem pristopu izide eksperimentov pogosto dijaki prej napovedo ali pa dogajanje pri eksperimentu najprej razložijo sami. Učitelj jih z vprašanji v diskusiji vodi do pravih zaključkov. Pri tradicionalni metodi z elementi konstruktivizma pa učitelj eksperimente razloži sam.

Pri konstruktivističnem pristopu je za razliko od tradicionalnega z elementi konstruktivizma predvidenih več kratkih eksperimentov, ki jih opravijo dijaki v parih ali skupinah. Pri konstruktivističnem pristopu je tudi večji poudarek prenosu znanja iz mehanike v valovanje pri razlagi srečanja motenj.

Pri konstruktivističnem pristopu sem za obravnavo istih ciljev načrtovala tri šolske ure več kot pri tradicionalnem pristopu z elementi konstruktivizma. Te tri ure so šle na račun deleža ur, pri katerih se učitelj avtonomno odloča, katere vsebine bo obravnaval.

10.6 DODATEK F

Dodatek F vsebuje teste, s katerimi sem ugotavljala učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja vsebin iz valovanja v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma: Referenčni test iz valovanja, Preverjanje znanja iz valovanja, Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku ter analize teh testov.

Referenčni test iz valovanja, ki so ga testirani dijaki reševali pred obravnavo valovanja, je služil za ugotavljanje predznanja. Dijaki so Referenčni test iz valovanja ponovno reševali po obravnavi valovanja. Primerjava prirastka znanja testiranih skupin dijakov pred ter po obravnavi valovanja je bil eden od pokazateljev uspešnosti konstruktivistične metode v primerjavi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

S testom Preverjanje znanja iz valovanja je vseboval vprašanja, s katerimi sem preverjala doseganje nekaterih ciljev iz učnega načrta za Valovanje. Primerjava deležev pravilnih odgovorov eksperimentalnih in kontrolnih skupin dijakov je pokazala, ali je konstruktivistična metoda poučevanja vsebin iz valovanja uspešnejša pri doseganju izbranih ciljev iz učnega načrta za valovanje v primerjavi z uspešnostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma pri doseganju istih ciljev.

Test Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku so reševali dijaki leto in pol po obravnavi vsebin iz valovanja. Primerjava deležev pravilnih odgovorov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s konstruktivistično metodo in deleža pravilnih odgovorov, dijakov, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma, je pokazala, katera od omenjenih metod je učinkovitejša pri odgovorih na vprašanja v testu. Vprašanja v testu so bila izbrana tako, da so preverjala izbrane cilje iz učnega načrta za valovanje.

10.6.1 REFERENČNI TEST IZ VALOVANJA

Vprašanja v Referenčnem testu iz valovanja so oblikovana tako, da vsebujejo izraze iz vsakdanjega življenja. Referenčni test iz valovanja, ki vsebuje vprašanja o valovanju na vodni gladini, je bil razvit v procesu nastajanja konstruktivistične metode. Med procesom preizkušanja različnih načinov ugotavljanja predznanja, predstav in izkušenj se je pokazalo, da imajo dijaki v zvezi z valovanjem največ izkušenj prav z valovanjem na vodni gladini.

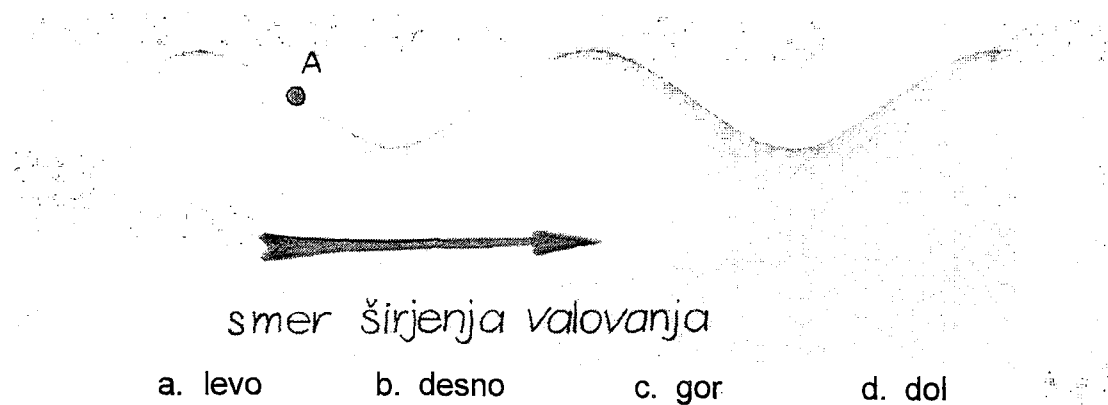
Vprašanja v Referenčnem testu iz valovanja so zastavljena tako, da pokažejo, katere pojme iz vsakdanjega življenja uporabljajo dijaki za opis valovanja, hkrati pa so vprašanja izbrana tudi tako, da so pokazala, ali imajo dijaki težave z ločevanjem med gibanjem medija in potovanjem motnje oziroma širjenjem valovanja. Tuja literatura namreč kaže, da predstavlja ločevanje teh dveh gibanj učencem veliko težav. V Referenčnem testu iz valovanja sta tudi vprašanja, ki preverjata razumevanje odboja valovanja.

REFERENČNI TEST IZ VALOVANJA

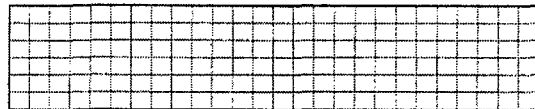
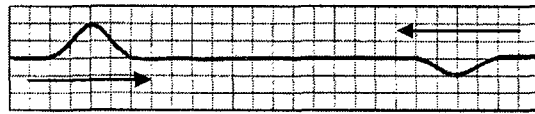
1. Kamen spustiš v vodo. Nariši obliko valov, ki jih opaziš.
2. Nariši valove, ki jih je povzročil kamen na vodni gladini, v treh zaporednih trenutkih.

--	--	--

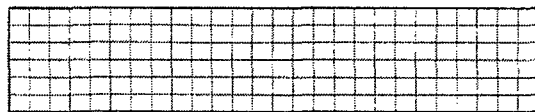
3. Valovi na vodni površini se širijo od leve proti desni, kot kaže slika. Kam se bo v naslednjem trenutku premaknil del vode označen s točko A?



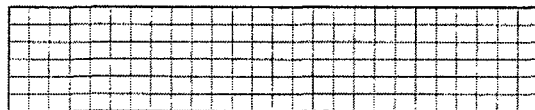
4. Na koncih vrvi povzročimo motnjo kot kaže skica. Kaj se bo zgodilo z motnjama, ki se premikata ena proti drugi, ko se srečata? Motnja se v enem časovnem intervalu premakne za 3 kvadratke. Narišite zaporedje petih skic za zaporedne časovne intervale.



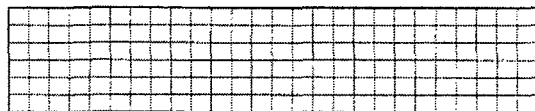
1



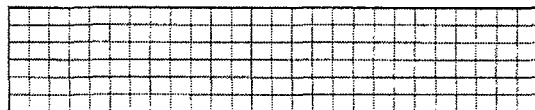
2



3

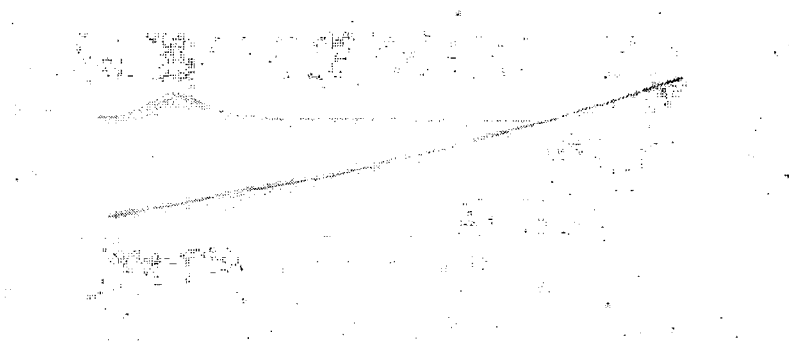


4

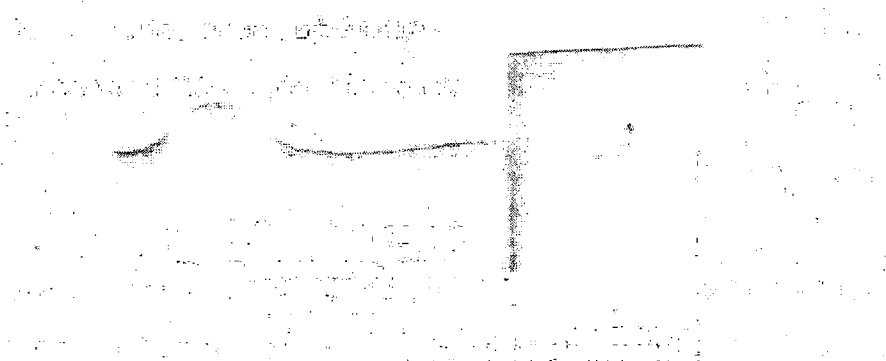


5

5. Kaj se zgodi, z morskim valom, ko pride do obale:
- a.) če je obala nizka (peščena); slika kaže obalo in morje v prerezu



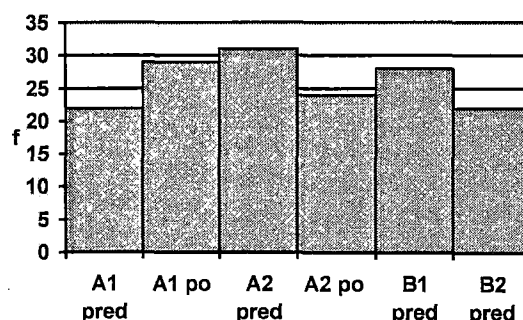
b.) če je obala strma; slika kaže obalo in morje v prerezu



10.6.2 ANALIZA REFERENČNEGA TESTA IZ VALOVANJA

Referenčni test iz valovanja so reševali dijaki na gimnazijah A in B. Pred obravnavo snovi je bilo testiranih v skupini A1 22 dijakov, v skupini A2 31 dijakov, v skupini B1 28 dijakov in v skupini B2 22 dijakov. Po obravnavi snovi pa eden od kolegov na gimnaziji B zaradi časovne stiske ni utegnil ponovno pisati Referenčnega testa iz valovanja, tako da tudi podatkov druge skupine na gimnaziji B nisem mogla uporabiti.

Po obravnavi snovi pa je tako test reševalo 29 dijakov skupine A1 in 24 dijakov skupine A2 (Slika 10. 18).



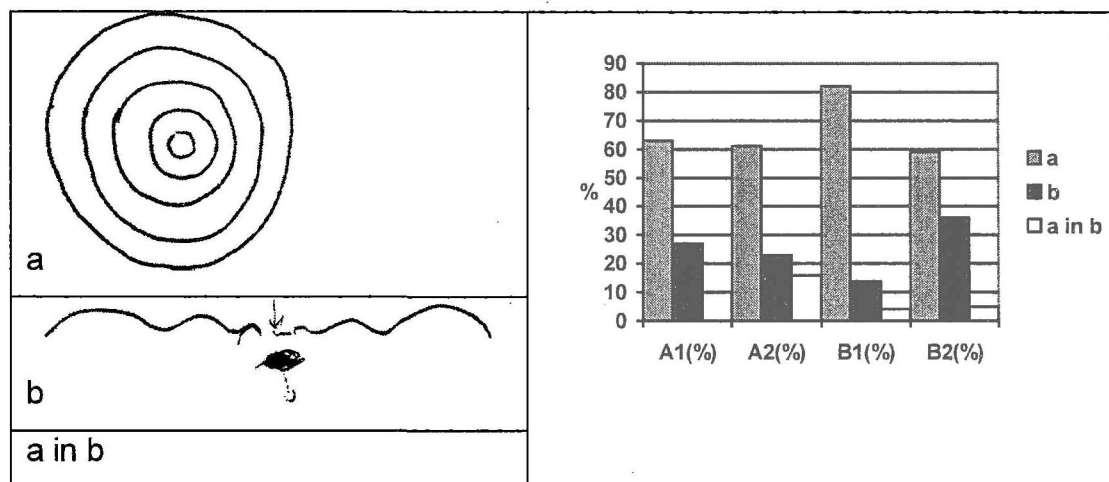
Slika 10.18: Število testiranih dijakov testa Preverjanje znanja iz valovanja.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Analiza odgovorov pred obravnavo valovanja je bila zaradi različne strukture vpisanih dijakov narejena za vsako gimnazijo posebej, po obravnavi valovanja pa sem lahko naredila le analizo prirastka deležev pravilnih odgovorov za gimnazijo A. Večji prirastek deleža pravilnih odgovorov je pokazal, katera metoda poučevanja vsebin iz valovanja je bila učinkovitejša, konstruktivistična ali tradicionalna z elementi konstruktivizma.

1. Kamen spustiš v vodo. Nariši obliko valov, ki jih opaziš.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi



Slika 10.19: Predstave dijakov o opisu krožnega valovanja pred obravnavo snovi.

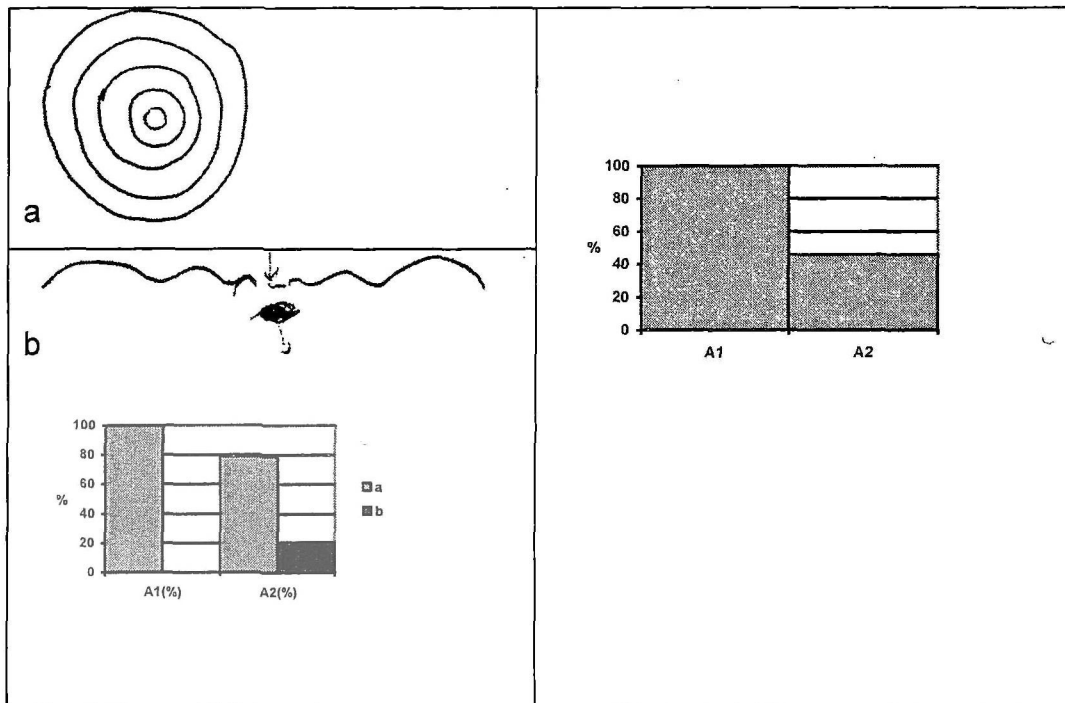
Vprašanje ugotavlja, kako si dijaki predstavljajo opis valovanja. Analiza odgovorov je bila narejena tako da so v skupine zbrani odgovori in njihovi deleži glede na skupne značilnosti opisa.

Analiza odgovorov kaže dva tipa opisa krožnega valovanja. Opis, ki je na Sliki 10.19 označen z a predstavlja trenutno sliko krožnega valovanja, narisano z valovnimi črtami. Tak opis uporabljamo tudi pri fiziki. Dijaki sicer še ne vedo, da so koncentrične krožnice, ki so jih narisali, valovne črte.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Učitelj pri pouku vpraša dijake, zakaj so narisali koncentrične krožnice in skozi vodeno diskusijo definira valovne črte. Tip odgovorov, ki je na Sliki 10.19 označen z b pa kaže prerez vodne gladine. Zakaj tak opis valovanja ni dober, prepriča dijake na primer razmislek na vprašanje, ki ga postavi učitelj: kako bi skicirali valovanje, če bi spustili v vodo ravno palico? Ali so valovi, ki jih na vodni gladini pri tem ustvari palica enaki, kot pri kamnu? Tako bi se dijaki soočili, da tak opis valovanja ni enoznačen.

Analiza odgovorov po obravnavi snovi



Slika 10.20: Predstave dijakov o opisu krožnega valovanja po obravnavi snovi (levo) ter prirastek deleža pravih odgovorov (desno).

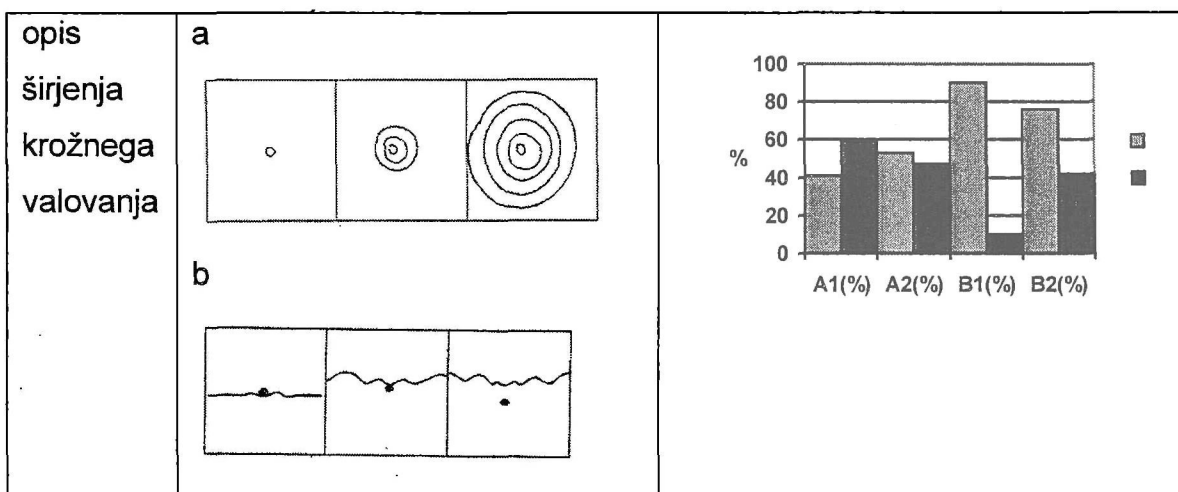
Analiza prirastka znanja kaže večjo uspešnost dijakov eksperimentalne skupine pri odgovorih na vprašanje o opisu valovanja v primerjavi z uspešnostjo dijakov kontrolne skupine na gimnaziji A, kjer je bilo izvedeno testiranje (Slika 10.20).

2. Nariši valove, ki jih je povzročil kamen na vodni gladini, v treh zaporednih trenutkih.

Naloga preverja razumevanje širjenja valovanja v dveh dimenzijah.

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi

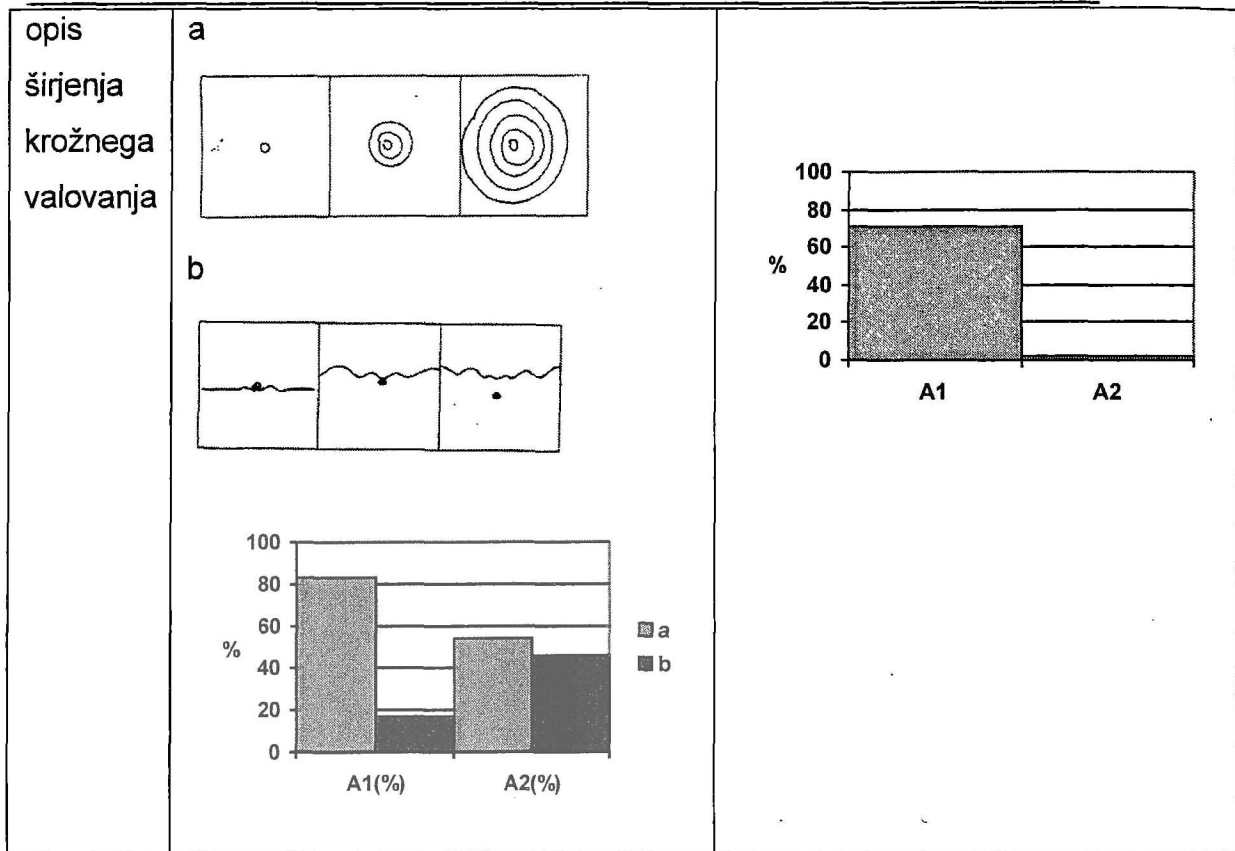
Vprašanje ugotavlja, kako si dijaki predstavljajo širjenje krožnega valovanja. Analiza odgovorov kaže dva tipa predstav, ki ustrezajo samemu opisu krožnega valovanja, ki so ga dijaki podali pri prejšnjem vprašanju. Verjetno bi dijaki po diskusiji ob odgovorih na prvo vprašanje, ki so skicirali odgovore, ki so na Sliki 10. 21 b., že ugotovili, da njihovi odgovori niso enoznačni in bi se odločili za odgovor a. Če se pa to ne bi zgodilo, bi učitelj predstavil podoben primer kot pri prvem vprašanju.



Slika 10.21: Predstave dijakov o širjenju krožnega valovanja pred obravnavo snovi.

Analiza odgovorov po obravnavi snovi:

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



Slika 10.22: Predstave dijakov o širjenju krožnega valovanja po obravnavi snovi (levo) ter prirastek znanja (desno).

Analiza prirastkov znanja kaže večjo uspešnost eksperimentalne skupine dijakov pri opisovanju širjenja valovanja v dveh dimenzijah v primerjavi z uspešnostjo kontrolne skupine (Slika 10.22).

3. Valovi na vodni površini se širijo od leve proti desni, kot kaže slika. Kam se bo v naslednjem trenutku premaknil del vode označen s točko A?



- a. levo b. desno c. gor d. dol

Vprašanje ugotavlja v kolikšni meri zamenjujejo dijaki gibanje snovi s širjenjem valovanja. Deleži posameznih ponujenih odgovorov so po skupinah dijakov predstavljeni na Tabeli 10.27.

Tabela 10.27: Deleži odgovorov posameznih skupin dijakov na vprašanje, ki ugotavlja, ali in v kolikšni meri dijaki zamenjujejo gibanje sredstva s širjenjem valovanja.

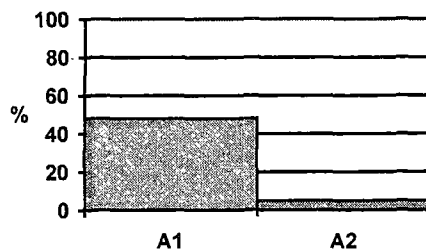
odgovor	A1 (%) pred	A2 (%) pred	A1 (%) po	A2 (%) po	B1 (%) pred	B2 (%) pred
a	4	0	0	4	4	18
b	35	39	21	21	21	18
c (pravilni)	39	45	68	48	48	36
d	22	16	11	27	27	28

Analiza odgovorov pred obravnavo snovi

Analiza odgovorov kaže, da loči med gibanjem sredstva in širjenjem valovanja od 36% dijakov skupine B2 do 48% dijakov skupine B1. Odgovori a in b so tisti, ki kažejo delež dijakov, ki zamenjujejo gibanje sredstva s širjenjem valovanja. Delež vsote teh dveh odgovorov se giblje od 25% skupine B1 do 39% skupine A2. Odgovor d nakazuje razlikovanje med smerjo širjenja valovanja in gibanjem sredstva, vendar imajo dijaki še težave z usklajevanjem smeri obeh gibanj.

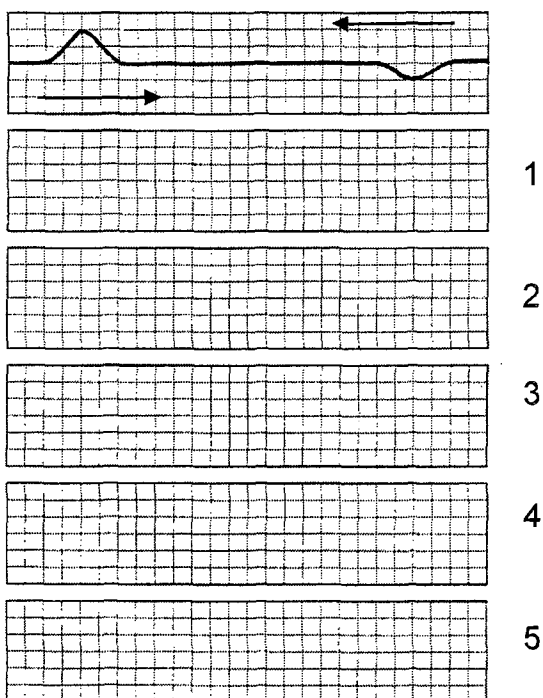
Analiza odgovorov po obravnavi snovi:

Analiza prirastkov znanja kaže, da so bili dijaki eksperimentalne skupine uspešnejši pri ločevanju med gibanjem sredstva in širjenjem valovanja v primerjavi s kontrolno skupino (Slika 10.23).



Slika 10.23: Prirastek znanja dijakov na vprašanje, ki je zahtevalo ločevanje gibanja medija in širjenja valovanja.

4. Na koncih vrvi povzročimo motnjo kot kaže skica. Kaj se bo zgodilo z motnjama, ki se premikata ena proti drugi, ko se srečata? Motnja se v enem časovnem intervalu premakne za 3 kvadratke. Narišite zaporedje petih skic za zaporedne časovne intervale.



Tuja literatura kaže, da imajo dijaki pogosto težave z razumevanjem seštevanja motenj (Wittmann 2002). Analiza prirastka deleža pravih odgovorov kaže, je pokazala, ali je konstruktivistična metoda uspešnejša pri premagovanju napačnih predstav v zvezi s seštevanjem motenj.

Analiza odgovorov pred obravnavi snovi:

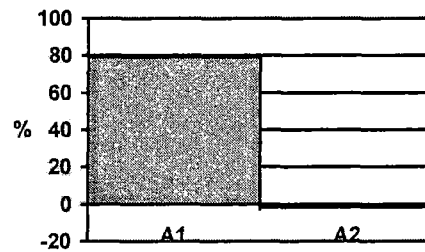
Analiza odgovorov kaže štiri različne opise:

- motnji se seštejeta, vsota potuje v smeri potovanja večje motnje,
- motnji gresta ob srečanju ena skozi drugo,
- motnji se ob srečanju izničita,
- motnji se odbijeta.

Nekateri dijaki so narisali le skico do trenutka ko se motnji srečata. Deleže različnih odgovorov posameznih skupin dijakov kaže Tabela 10.28.

Tabela 10.28: Tipi in deleži odgovorov dijakov posameznih na vprašanje, kaj se zgodi, ko se motnji srečata pred ter po obravnavi snovi. Pravilni odgovor je tiskan odebeljeno.

Tip odgovora		A1(%)	A2(%)	B1(%)
Motnji se seštejeta, vsota potuje v smeri potovanja večje motnje.	pred	55	42	23
	po	54	30	5
Motnji gresta ob srečanju ena skozi drugo.	pred	21	19	27
	po	19	37	85
Motnji se ob srečanju izničita.	pred	3	15	32
	po	5	8	0
Motnji se odbijeta.	pred	3	5	4
	po	8	8	5
Skica narisana le do srečanja motenj.	pred	18	19	14
	po	12	17	5



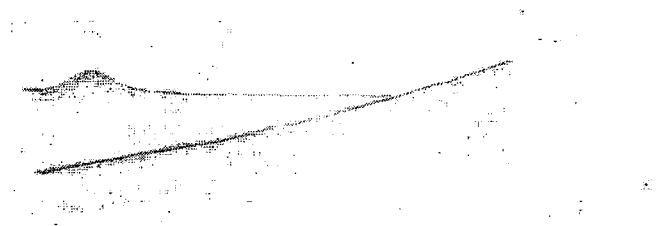
Slika 10.24: Prirastek znanja eksperimentalne skupine A1 in kontrolne skupine A2 na vprašanje o sestavljanju motenj.

Analiza odgovorov po obravnavi snovi:

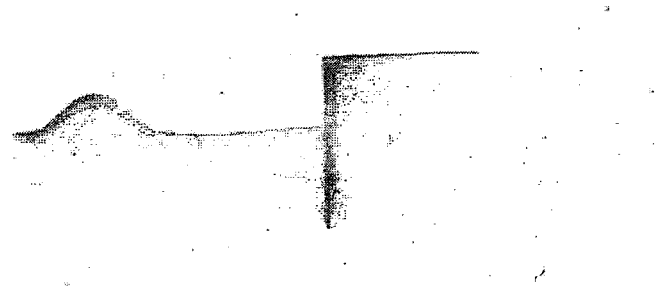
Analiza prirastkov znanja po obravnavi snovi kaže večjo učinkovitost konstruktivistične metode pri zmanjševanju težav z razumevanjem v primerjavi z učinkovitostjo tradicionalne metode z elementi konstruktivizma, saj je eksperimentalna skupina dosegla večji prirastek deleža pravilnih odgovorov kot kontrolna skupina (Slika 10.24).

5. Kaj se zgodi, z morskim valom, ko pride do obale:

c.) če je obala nizka (peščena); slika kaže obalo in morje v prerezu



d.) če je obala strma; slika kaže obalo in morje v prerezu



KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Vprašanje preverja razumevanje odboja valovanja ter ločevanje odboja z isto od odboja z nasprotno fazo. Vprašanje ugotavlja, kako si dijaki predstavljajo odboj valovanja v različnih situacijah (strma oziroma položna obala). Analiza odgovorov je za posamezen del vprašanja pokazala dva tipična odgovora (Tabela 10.29).

Tabela 10.29: Tipični odgovori in njihovi deleži na vprašanje od odboju morskega vala od nizke ter od strme obale. Pravilni odgovori so podčrtani.

Odboj od nizke, položne obale.		A1(%)	A2(%)	B1 (%)
Razlije se po obali.	pred	85	42	80
	po	36	71	43
<u>Voda priteče na obalo in odteče nazaj.</u>	<u>pred</u>	<u>15</u>	<u>58</u>	<u>20</u>
	<u>po</u>	<u>64</u>	<u>29</u>	<u>57</u>
Odboj od strme obale				
Val se zaleti v obalo.	pred	50	43	52
	po	13	46	22
<u>Val pride do obale in se odbije.</u>	<u>pred</u>	<u>50</u>	<u>57</u>	<u>48</u>
	<u>po</u>	<u>87</u>	<u>54</u>	<u>78</u>

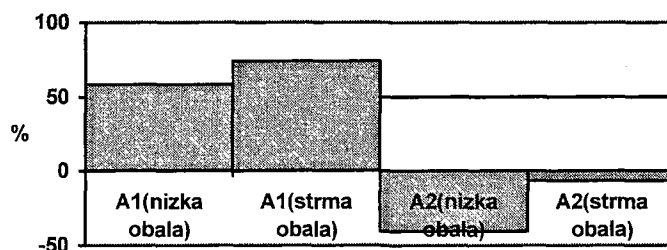
Analiza odgovorov pred obravnavo snovi

Analiza odgovorov kaže, da so dijaki pri opisu dogajanj v obeh primerih premalo natančni oziroma dogajanja ne opišejo do konca. Učitelj bo na površne opise pri pouku pozoren in bo dijake z vprašanji vzpodbujal k natančnosti opisa, na primer: kaj se zgodi z valom, ko se zaleti v obalo? Ali tam obstane?

Analiza odgovorov po obravnavi snovi:

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Analiza prirastka znanja na vprašanje od odboju valovanja kaže večjo uspešnost eksperimentalne skupine dijakov v primerjavi s kontrolno skupino. Dijaki kontrolne skupine so se po obravnavi snovi premalo natančno izražali, zato se je tudi delež njihovih pravilnih odgovorov zmanjšal (Slika 10.25)



Slika 10.25: Prirastek znanja na vprašanje o odboju valovanja.

Analiza odgovorov Referenčnega testa o valovanju pred učnim posegom kaže pomembnost ugotavljanja predznanja, izkušenj in predstav dijakov, saj glede na rezultate učitelj premišljeno načrtuje aktivnosti pri pouku, pri katerih se dijaki s svojimi napačnimi predstavami in razumevanji ter premalo natančnimi opisi soočijo in jih tako učinkoviteje presežejo.

Primerjava prirastkov znanja na vprašanja o opisu in širjenju valovanja na vodni površini ter opisu odboja kažejo večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja v primerjavi s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma. Tudi odgovori na vprašanja, ki sprašujeta konceptih širjenja valovanja in gibanja medija ter seštevanju motenj, s katerimi imajo dijaki težave z razumevanjem, kažejo večjo uspešnost eksperimentalne skupine dijakov v primerjavi s kontrolno.

10.6.3 PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA

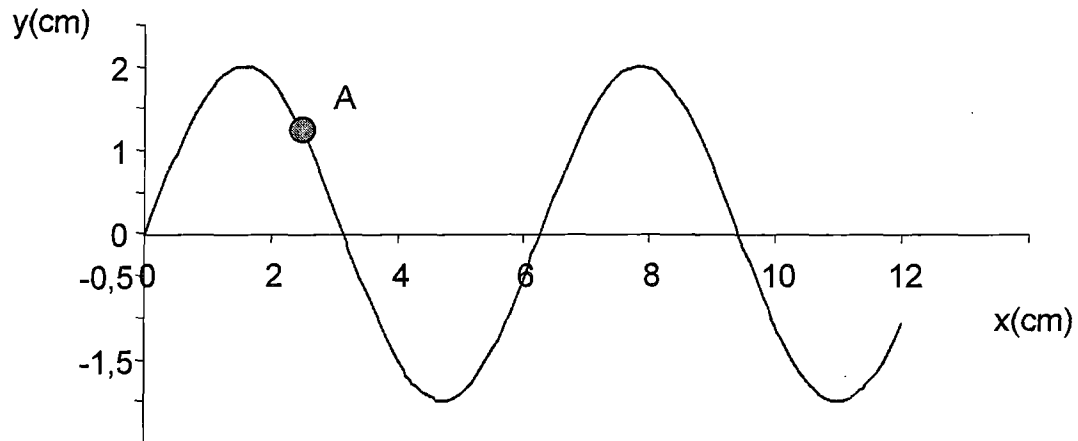
Namen testa Preverjanje znanja iz valovanja je bil ugotoviti, katera metoda, konstruktivistična ali tradicionalna z elementi konstruktivizma je uspešnejša pri doseganju izbranih ciljev iz učnega načrta za valovanje, ki so bili v tem testu testirani.

Test preverjanje znanja iz valovanja vsebuje vprašanja, ki preverjajo doseganje izbranih ciljev iz učnega načrta, ki so zastavljena na taksonomsko različnih nivojih, od poznavanja trenutne slike valovanja, razumevanja definicije valovne dolžine, do razumevanja loma in razumevanja od katerih količin je odvisna hitrost širjenja valovanja na vrvi. Test vsebuje tudi vprašanje, ki preverja, ali dijaki eksperimentalne skupine v večji meri ločijo med gibanjem sredstva in širjenjem valovanja. Primerjava deležev pravilnih odgovorov na vprašanja eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov je pokazala, ali je konstruktivistična metoda poučevanja vsebin iz valovanja učinkovitejša pri doseganju izbranih ciljev iz učnega načrta ter preseganju napačnih razumevanj širjenja valovanja in seštevanja motenj kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

Test Preverjanje znanja iz valovanja je reševalo 29 dijakov skupine A1, 20 dijakov skupine A2, 32 dijakov skupine B1 in 20 dijakov skupine B2.

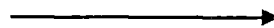
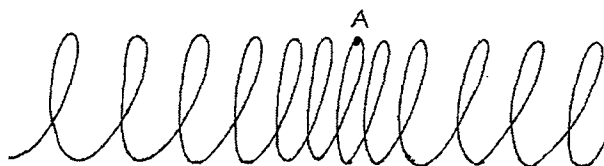
PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA

1.) Na skici je narisana trenutna slika transverzalnega valovanja.



Na grafu je označena točka A. Označi še preostale točke na grafu, ki nihajo na enak način kot točka A.

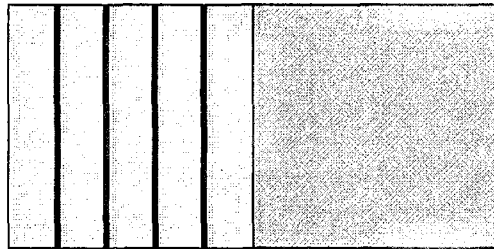
2.) Skica kaže trenutno sliko longitudinalnega valovanja.
Valovanje potuje od leve proti desni.



smer potovanja valovanja

Opišite, kako se giblje del vzmeti, označen s točko A.

3.) Valovanje se širi iz plitve v globoko vodo. Hitrost valovanja je v plitvi vodi manjša kot v globoki. Skica kaže trenutno sliko ravnega valovanja v plitvi vodi.



plitva voda

globoka voda

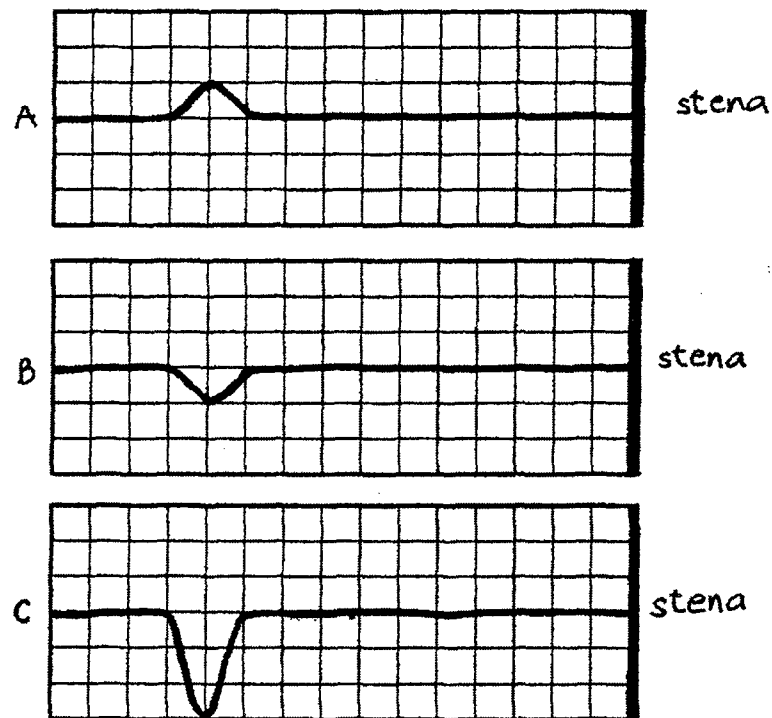
Dopolni skico z valovnimi črtami v globoki vodi.

Kaj se zgodi z valovno dolžino pri prehodu valovanja iz plitve v globoko vodo?

Kaj se zgodi s frekvenco valovanja pri prehodu valovanja iz plitve vode v globoko?

4.) Tri enake vrvi so na enem koncu vpete v steno, drug konec pa držimo v roki. Vse tri vrvi so napete z enako silo. Z roko povzročimo različne motnje, kot kaže slika.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE



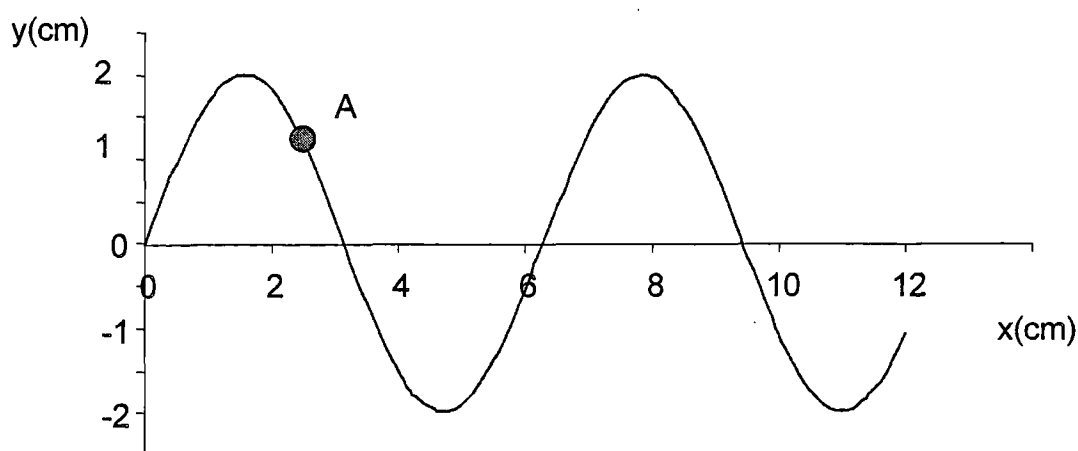
Razvrsti primere od A do C po tem, katera motnja bo v krajšem času dosegla steno. Uporabi znake: $>$, $<$ ali $=$.

10.6.4 ANALIZA TESTA PREVERJANJA ZNANJA IZ VALOVANJA

Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja preverjajo doseganje ciljev iz učnega načrta: poznavanje in razumevanje opisa valovanja s trenutno sliko valovanja, uporabo definicije valovne dolžine valovanja, ter razumevanje in uporabo znanja o lomu valovanja. Test vsebuje tudi vprašanja o ločevanju med gibanjem obojev vzmeti in potovanju motnje na njej ter vprašanje o seštevanju motenj. Tuja literatura kaže, da imajo dijaki težave z razumevanjem teh dveh konceptov.

Analiza odgovorov na vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja je bila narejena tako, da sem primerjala delež pravilnih odgovorov kontrolne in eksperimentalne skupine dijakov na vsako vprašanje.

1. Na skici je narisana trenutna slika transverzalnega valovanja.



Na grafu je označena točka A. Označi še preostale točke na grafu, ki nihajo na enak način kot točka A.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

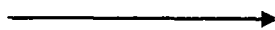
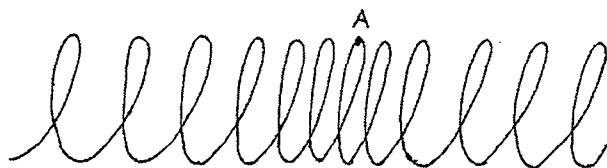
Vprašanje preverja, v kolikšni meri so dijaki osvojili grafični zapis trenutne slike valovanja, koliko znajo iz nje prebrati osnovne podatke: amplitudo, valovno dolžino ter označiti točke, ki nihajo na enak način. Vprašanje je na nivoju uporabe znanj in preverja cilje zapisane v učnem načrtu za valovanje.

Tabela 10.30: Delež pravilnih odgovorov dijakov na vprašanje, ki zahteva uporabo znanj o opisu valovanja.

	A1	A2	B1	B2
Delež pravilnih odgovorov (%)	93	37	88	34

Analiza odgovorov kaže, da daje konstruktivistična metoda poučevanja boljše rezultate uporabe osnovnih podatkov v zvezi s trenutno sliko valovanja, kot kažejo rezultati v Tabeli 10.30.

2.) Skica kaže trenutno sliko longitudinalnega valovanja. Valovanje potuje od leve proti desni.



smer potovanja valovanja

Opišite, kako se bo gibal del vzmeti, označen s točko A.

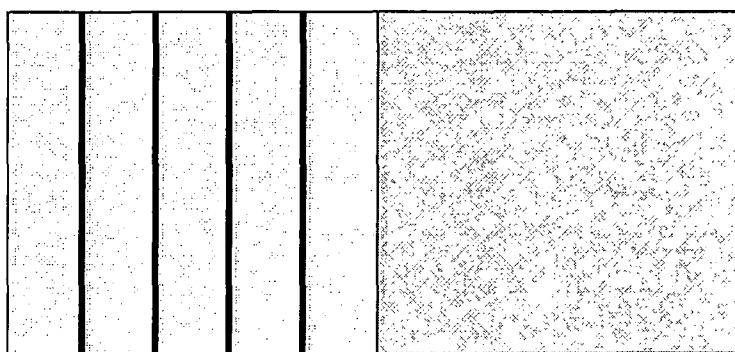
Vprašanje preverja ali dijaki ločijo med smerjo gibanja ovojev in smerjo potovanja motnje pri longitudinalnem valovanju.

Tabela 10.31: Rezultati odgovorov dijakov na vprašanje o ločevanju gibanja ovojev in smerjo potovanja motnje pri longitudinalnem valovanju.

odgovor	A1	A2	B1	B2
levo-desno	96	57	97	52
navzgor-navzdol	4	21	3	21
proti koncu vzmeti	0	36	0	27

Analiza odgovorov potrjuje, da dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo uspešneje ločijo med gibanjem sredstva in potovanjem motnje pri longitudinalnem valovanju kot dijaki, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma (Tabela 10.31).

3.) Valovanje se širi iz plitve v globoko vodo. Hitrost valovanja je v plitvi vodi manjša kot v globoki. Skica kaže trenutno sliko ravnega valovanja v plitvi vodi.



plitva voda

globoka voda

a. Dopolni skico z valovnimi črtami v globoki vodi.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

- b. Kaj se zgodi z valovno dolžino pri prehodu valovanja iz plitve v globoko vodo?
- c. Kaj se zgodi s frekvenco valovanja pri prehodu valovanja iz plitve vode v globoko?

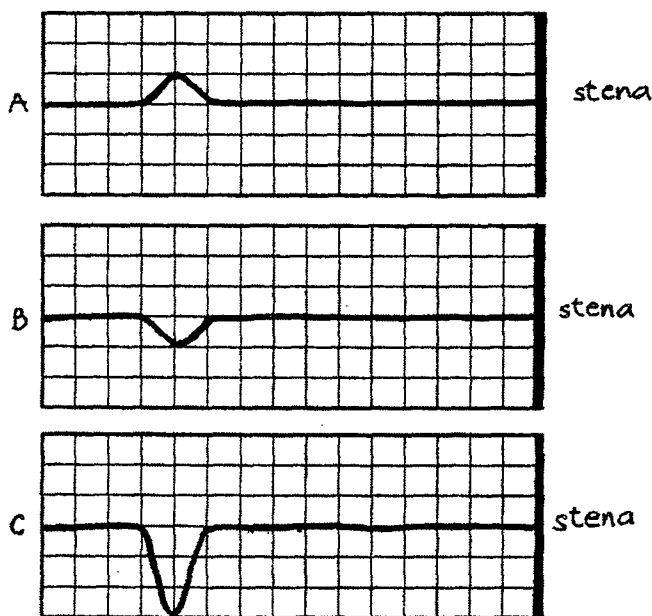
Vprašanje preverja razumevanje loma, v kolikšno meri so dijaki usvojili, da se pri prehodu valovanja iz plitve vode frekvenca ne spremeni, valovna dolžina pa se poveča. Cilji, ki jih preverja vprašanje, so iz učnega načrta za valovanje.

Tabela 10.32: Rezultati odgovorov dijakov na vprašanje, ki zahteva uporabo znanja o lomu.

	odgovor	A1 (%)	A2 (%)	B1 (%)	B2 (%)
skica	večja λ	59	42	75	28
	manjša λ	26	52	25	38
	valovne črte narisane poševno	11	0	0	0
	se ne spremeni	4	6	0	0
	brez odgovora	0	0	0	34
odgovor	poveča se	59	42	75	31
	zmanjša se	26	42	25	38
	se spremeni	15	16	0	3
	brez odgovora	0	0	0	28
frekvenca	se ne spremeni	94	14	47	21
	se poveča	2	58	28	24
	se zmanjša	2	14	25	28
	se spremeni	2	14	0	0
	brez odgovora	0	0	0	27

Primerjava deležev pravilnih odgovorov je pokazala, da je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri zmanjševanju težav pri ločevanju gibanja medija in potovanja motnje kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma (Tabela 10.32).

- 4.) Tri enake vrvi so na enem koncu vpete v steno, drug konec pa držimo v roki. Vse tri vrvi so napete z enako silo. Z roko povzročimo različne motnje, kot kaže slika.



Razvrsti primere od A do C po tem, katera motnja bo v krajšem času dosegla steno. Uporabi znake: $>$, $<$ ali $=$.

Vprašanje preverja ali so dijaki usvojili, da hitrost motnje ni odvisna od njene oblike.

Primerjava deležev pravilnih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov kaže, da so dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo uspešnejši pri odgovorih na vprašanje, ki zahteva uporabo znanja o tem, da hitrost valovanja ni odvisna od oblike motnje, kot kaže Tabela 10.33.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.33: Rezultati odgovorov dijakov na vprašanje o odvisnosti hitrosti motnje od njene oblike.

	A1 (%)	A2 (%)	B1 (%)	B2 (%)
A=B=C	65	11	45	0
A=B<C	21	32	10	17
A=B>C	14	53	33	52
A>B>C	0	0	6	21
brez odgovora	0	0	6	10

Analiza odgovorov testa Preverjanje znanja iz valovanja kaže večjo učinkovitost konstruktivistične metode poučevanja pri doseganju testiranih ciljev iz učnega načrta za valovanje kot tudi pri zmanjševanju težav z razumevanjem gibanja sredstva in širjenja valovanja kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

10.6.5 PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU

S testom Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku sem ugotavljala, ali so bili dijaki eksperimentalne skupine uspešnejši od dijakov kontrolne skupine pri odgovorih na vprašanja, s katerimi sem preverjala nekatere cilje iz učnega načrta za valovanje ter na vprašanja, ki so preverjala razumevanje nekaterih konceptov iz valovanja, po letu in pol po obravnavi snovi.

Vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku so na različnih taksonomskih stopnjah. Preverjajo cilje iz učnega načrta za valovanje: poznavanje in razumevanje opisa valovanja s trenutno sliko valovanja, razumevanje definicije valovne dolžine, razumevanje, od katerih količin je odvisna hitrost valovanja na vrvi, prepoznavanje loma valovanja in uporaba znanja o lomu, ločevanje stoječega in potujočega valovanja ter razumevanje interference. V testu sta tudi vprašanja, ki preverjata

razumevanje konceptov širjenja valovanja in seštevanja motenj, ki sta v tuji literaturi omenjena kot koncepta, pri katerih imajo dijaki težave z razumevanjem.

Testiranje s testom Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku je bil izveden na gimnaziji A. Testno skupino je sestavljalo 157 dijakov četrtil letnikov. Od tega je bilo 59 dijakov, ki so bili v drugem letniku vsebine iz nihanja poučevani s konstruktivistično metodo ter 93 dijakov, ki so bili omenjene vsebine poučevani tradicionalno z elementi konstruktivizma. Med obravnavo snovi ter reševanjem testa je preteklo približno leto in pol.

V analizi so dijaki razdeljeni na štiri skupine:

A1: 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani s konstruktivistično metodo

B1: 13 dijakov, ki se pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalni način

A2: 46 dijakov, ki se ne pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani s konstruktivistično metodo

B2: 85 dijakov, ki se ne pripravljajo na maturo iz fizike in so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma.

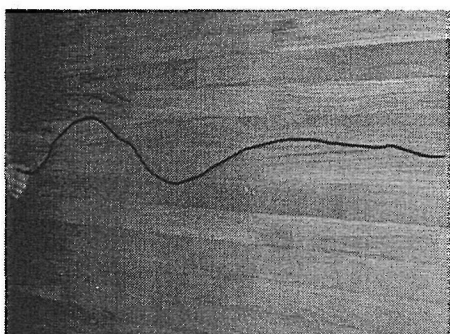
V tabelah sta poleg stolpcev, ki prikazujejo odgovore skupin A1, A2 ter B1 in B2 še stolpca A ter B, ki prikazujeta: A odgovore vseh dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo ter B odgovore vseh dijakov, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma ne glede na to ali se pripravljajo na maturo iz fizike ali ne. Primerjava rezultatov skupin A in B je primernejša, saj so sicer skupine A1, B1, A2 ter B2 precej neuravnotežene.

Odgovori na posamezna vprašanja so predstavljeni v tabelah, kjer so navadno najprej predstavljeni pravilni odgovori oziroma sprejemljivi odgovori, ki so napisani z debelejšim tiskom. Sledijo napačni odgovori, ki so smiselno razvrščeni v skupine po tipu napake, ki se v njih pojavlja. Ob koncu tabele pa je podan delež odgovorov tipa: se ne spomnim, sem pozabil oziroma dijaki na vprašanje sploh niso odgovorili.

Delež pravih odgovorov eksperimentalne skupine dijakov je indikator, da je konstruktivistična metoda poučevanja je učinkovitejša pri doseganju testiranih ciljev.

PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU

- 1.) Po vrvi potuje valovanje. Nariši trenutno sliko valovanja in na njej označi valovno dolžino.
- 2.) Začetek vrvi nihamo levo in desno. Kako se spremeni hitrost valovanja, če povečamo frekvenco nihanja vrvi?

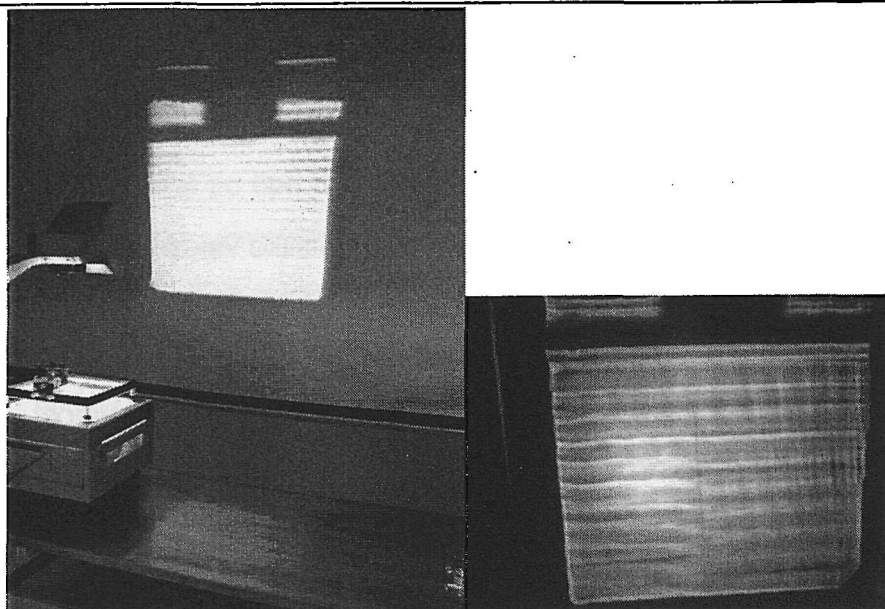


- 3.) Valovi na vodni površini se širijo od leve proti desni, kot kaže slika. Kam se bo v naslednjem trenutku premaknil del vode označen s točko A?



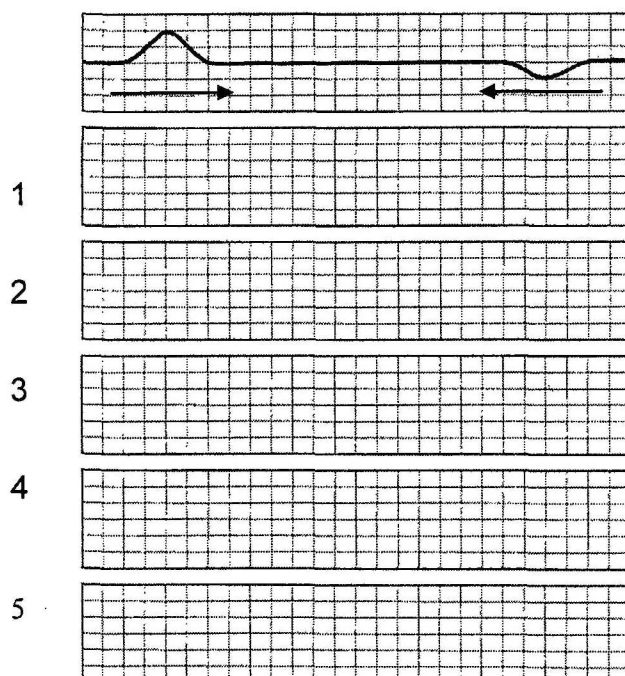
6. levo b. desno c. gor d. dol

- 4.) V valovno kad položimo stekleno ploščico. Ravno valovanja prehaja iz globoke vode v plitvo (nad ploščico). Kaj se zgodi za valovno dolžino, kaj s frekvenco ter kaj s smerjo širjenja valovanja?

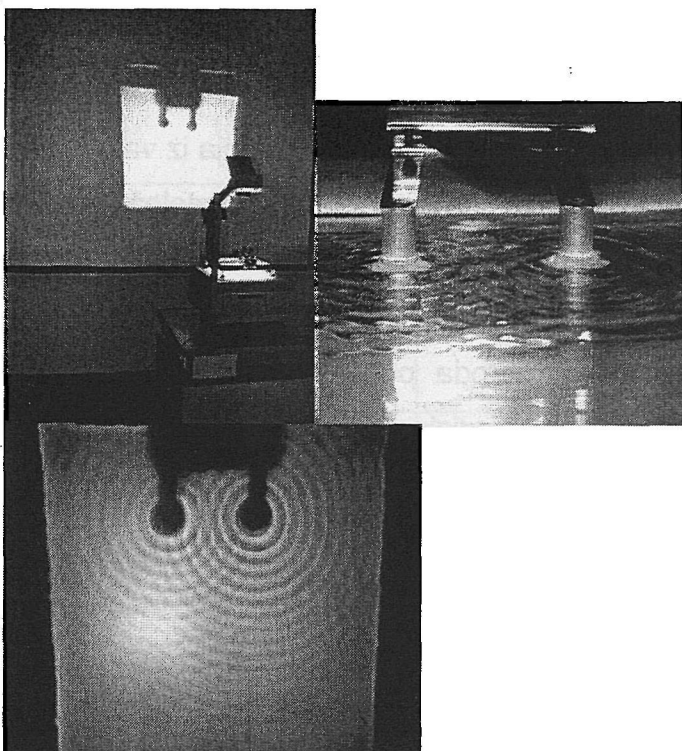


5.) V čem se loči potujoče valovanje od stoječega?

6.) Na koncih vrvi povzročimo motnjo kot kaže skica. Kaj se bo zgodilo z motnjama, ki se premikata ena proti drugi, ko se srečata? Motnja se v enem časovnem intervalu premakne za 3 kvadratke. Narišite zaporedje petih skic za zaporedne časovne intervale.



7.) Kako se imenuje pojav, pri katerem opazimo pasove ojačitve in oslabitve. Opišite, kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da ta pojav lahko opazimo?



10.6.6 ANALIZA TESTA PREVERJANJE ZNANJA IZ VALOVANJA V ČETRTEM LETNIKU

Analiza odgovorov na vprašanja v testu Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku je bila narejena tako, da sem primerjala delež pravih odgovorov eksperimentalne in kontrolne skupine dijakov na posamezno vprašanje. Večji delež pravih odgovorov na posamezno vprašanje je pokazal ali je konstruktivistična metoda poučevanja učinkovitejša pri doseganju testiranih ciljev kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma.

1. Po vrvi potuje valovanje. Nariši trenutno sliko valovanja in na njej označi valovno dolžino.

Vprašanje preverja v kolikšni meri se dijaki spomnijo, kako opišemo valovanje – s trenutno sliko valovanja, na kateri morajo uporabiti definicijo valovne dolžine. Prvi del vprašanja je na nivoju poznavanja, drugi pa na nivoju uporabe definicije.

Analiza odgovorov kaže, da so vsi dijaki skupine B1 pravilno narisali trenutno sliko valovanja in 92% izmed njih pravilno uporablja definicijo valovne dolžine. V celoti gledano pa so bili uspešnejši dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo, saj so vrstnike, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma presegli v uspešnosti risanja trenutne slike valovanja ter pri uporabi definicije valovne dolžine kot kaže Tabela 10.34.

Analiza kaže večjo uspešnost dijakov skupine A pri odgovorih na vprašanje, ki zahteva pomnjenje ter na vprašanje, ki zahteva uporabo definicije količine.

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.34: Odgovori dijakov na vprašanje o opisu valovanja.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Trenutna slika prav.	90	96	95	100	85	87
Valovna dolžina prav.	90	85	86	92	69	72
Narisana samo motnja (hrib).	10	4	5	0	8	7
Kot valovna dolžina označena $\lambda/2$.	10	13	12	0	0	0
Posamezni napačni odgovori.	0	0	0	0	11	10
Se ne spomnim.	0	4	3	8	12	11

2. Začetek vrvi nihamo levo in desno. Kako se spremeni hitrost valovanja, če povečamo frekvenco nihanja vrvi?

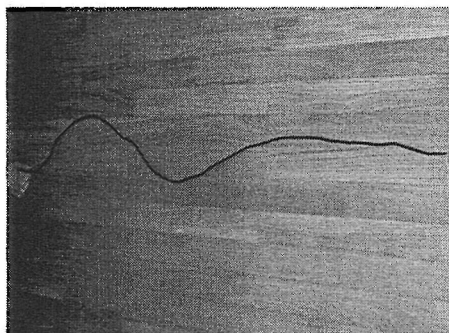


Tabela 10.35: Odgovori dijakov na vprašanje o odvisnosti hitrosti valovanja.

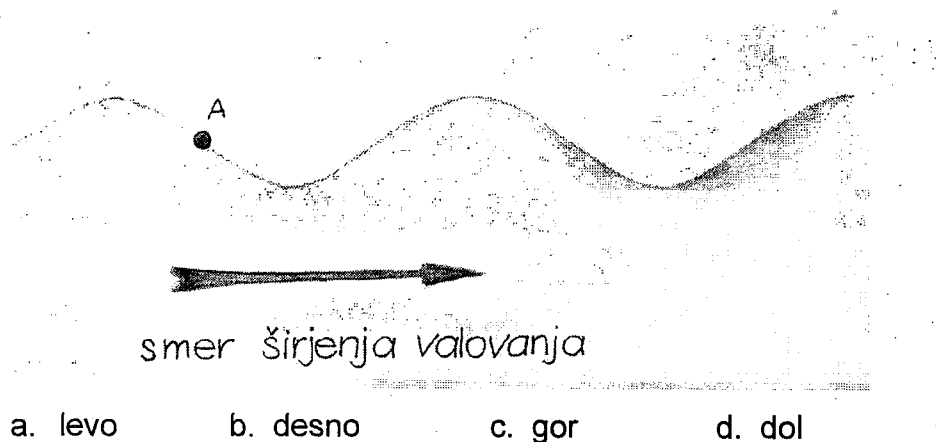
Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Se ne spremeni.	15	24	22	8	2	3
Zmanjša se.	0	6	5	8	9	9
Poveča se.	61	35	41	54	58	58
Se spremeni.	9	0	2	0	0	0
Se ne spomnim.	15	35	31	30	31	30

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Vprašanje preverja v kolikšni meri je ostalo prisotno napačno prepričanje, da je hitrost valovanja na vrvi odvisna od frekvence. Odgovor na vprašanje zahteva razumevanje posledic povečanja frekvence na valovno dolžino, po drugi strani pa vedenje, kako je hitrost valovanja odvisna od valovne dolžine ter frekvence. Dijaki morajo narediti sintezo obeh znanj.

Analiza odgovorov kaže, da je pravilni odgovor napisalo 22% dijakov eksperimentalne skupine A in le 3% dijakov kontrolne skupine B. Rezultati odgovorov na vprašanje, ki ugotavlja v kolikšni meri so dijaki skupine A, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo presegli napačno razumevanje, da je hitrost valovanja na vrvi odvisna od frekvence v primerjavi z dijaki skupine B, ki so bili poučevani na tradicionalni način z elementi konstruktivizma, kaže na pomembnost spremljanja, kje se pogosto pojavljajo napačna razumevanja in temu primerno skrbno načrtovati aktivnosti pri pouku, da imajo dijaki možnost napačna razumevanja preseči (Tabela 10.35).

3. Valovi na vodni površini se širijo od leve proti desni, kot kaže slika. Kam se bo v naslednjem trenutku premaknil del vode označen s točko A?



Vprašanje preverja v kolikšni meri je pri dijakih ostalo zakoreninjeno napačno prepričanje, da je smer širjenja valovanja enaka smeri premikanja

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

snovi. Vprašanje zahteva razumevanje gibanja snovi, po kateri se širi valovanje ter razumevanje širjenja motnje. Ta dva elementa mora dijak med seboj razlikovati in hkrati narediti njuno sintezo, da odgovori na vprašanje.

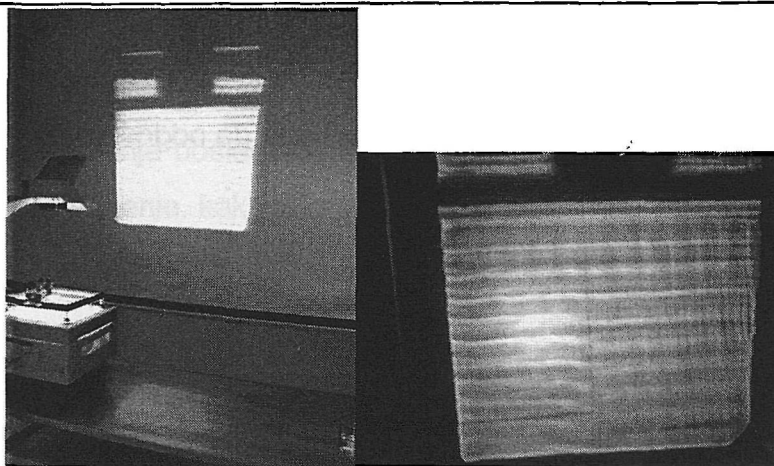
Tabela 10.36: Odgovori dijakov na vprašanje o premiku točke A.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Gor.	58	37	42	61	27	32
Dol.	15	48	41	8	32	29
Desno.	27	15	18	23	31	30
Levo.	0	0	0	8	8	8
Brez odgovora.	0	0	0	0	2	2

Analiza odgovorov kaže, da je najboljše rezultate dosegla skupina dijakov B1 (61%). Gledano v celoti pa je napačno prepričanje, da je smer širjenja valovanja enaka smeri gibanja sredstva, preseglo 10% dijakov skupine A več kot dijaki skupine B (Tabela 10.36).

Rezultati odgovorov potrjujejo pomembnost ugotavljanja predstav dijakov ter glede na njihove predstave skrbno načrtovanje aktivnosti pri učnem posegu, ki omogočajo soočenje in preseganje napačnih predstav.

- 4. V valovno kad položimo stekleno ploščico. Ravno valovanja prehaja iz globoke vode v plitvo (nad ploščico). Kaj se zgodi z valovno dolžino, kaj s frekvenco ter kaj s smerjo širjenja valovanja?**



Vprašanje je taksonomsko zahtevnejše, saj morajo dijaki najprej prepoznati lom valovanja, nato morajo vedeti, da se valovna dolžina v plitvi vodi zmanjša, medtem ko ostane frekvenca nespremenjena. Vedeti morajo tudi, da se smer valovanja pri lomu v splošnem spremeni, vendar vpada tu ravno valovanje pravokotno na ploščo, zato se v tem primeru smer ne spremeni. Gre za sintezo znanj.

Tabela 10.37: Odgovori dijakov na vprašanje o lomu valovanja.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Valovna dolžina: se zmanjša	25	20	21	38	21	23
se poveča	38	11	17	0	4	3
se ne spremeni	8	8	8	8	1	2
Frekvenca: se ne spremeni	15	18	17	15	4	5
se poveča	54	11	20	38	16	19
se zmanjša	8	10	10	0	6	5
Smer valovanja: se ne spremeni	62	27	35	38	15	18
Se ne spomnim.	23	61	53	46	73	69

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Analiza odgovorov kaže, da so bili le na vprašanje o valovni dolžini za 2% uspešnejši dijaki skupine B, na vprašanje o frekvenci so bili za 12% uspešnejši dijaki skupine A, na vprašanje o smeri valovanja pa je pravilno odgovorilo 17% dijakov skupine A več kot dijakov skupine B (Tabela 10.37).

Rezultati kažejo, da daje konstruktivistična metoda v povprečju boljše rezultate pri taksonomsko zahtevnih vprašanjih v primerjavi z rezultati tradicionalnega pouka z elementi konstruktivizma.

5. V čem se loči potujoče valovanje od stoječega?

Odgovor na vprašanje zahteva poznavanje in razumevanje značilnosti potujočega ter stoječega valovanja. Dijaki morajo analizirati obe vrsti valovanja ter s sintezo poiskati razlike med njima.

Tabela 10.38: Odgovori dijakov na vprašanje v čem se ločita potujoče in stoječe valovanje.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Potujoče: vrv vpeta na enem koncu Stoječe: vrv vpeta na obeh koncih	38	41	40	8	1	2
Stoječe: ima točke, kjer je medij vedno pri miru, potujoče teh točk nima	0	2	2	0	0	0
Potujoče: točke se gibljejo lev-desno	15	8	10	8	6	7

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

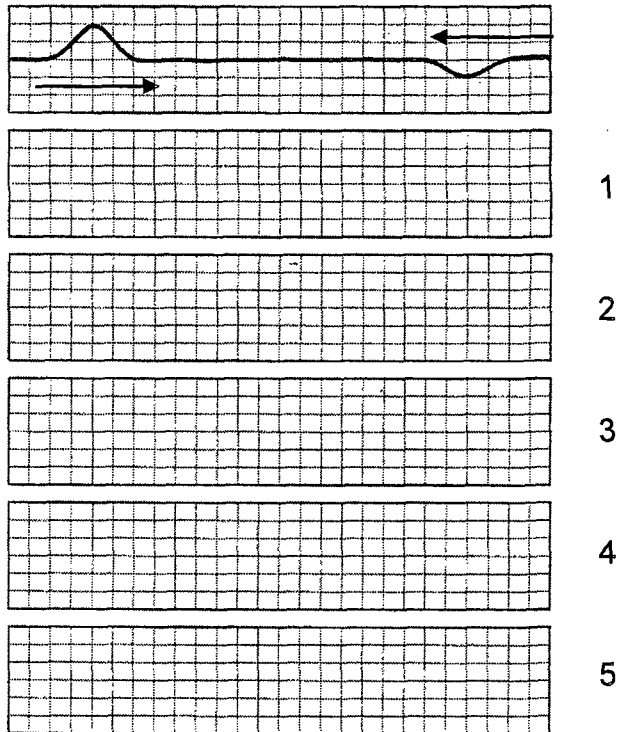
Stoječe: točke se gibljejo gor-dol						
Potujoče: se premika	8	37	31	38	26	28
Stoječe: se ne premika						
Potujoče: sredstvo spreminja obliko	0	2	2	0	1	1
Stoječe: sredstvo ne spreminja oblike						
Potujoče: motnja potuje naprej	0	2	2	0	1	1
Stoječe: motnja je na istem mestu						
Ostali posamezni napačni odgovori	8	8	8	0	10	9
Se ne spomnim	31	37	36	46	55	54

Analiza odgovorov kaže, da je na vprašanje pravilno odgovorilo 40% dijakov skupine A več kot dijakov skupine B (Tabela 10.38).

Analiza odgovorov kaže, da dosegajo dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo boljše rezultate pri odgovorih na vprašanja, ki so na taksonomsko visoki ravni kot dijaki kontrolne skupine.

- 6. Na koncih vrvi povzročimo motnjo kot kaže skica. Kaj se bo zgodilo z motnjama, ki se premikata ena proti drugi, ko se srečata? Motnja se v enem časovnem intervalu premakne za 3**

kvadratke. Narišite zaporedje petih skic za zaporedne časovne intervale.



Vprašanje je zelo kompleksno. Zato, da dijak nariše skico pred srečanjem motenj, mora vedeti, kaj se dogaja z obliko motnje, ko potuje po vrvi. Za skico ob srečanju motenj mora dijak vedeti, da se motnje seštevajo ter kako se seštevajo. Po srečanju motenj pa motnji potujeta kot da sta šli »ena skozi drugo«. Da dijak pravilno nariše zaporedje skic, mora narediti sintezo vseh prej omenjenih znanj.

Analiza odgovorov kaže za 16% večjo uspešnost dijakov skupine A v primerjavi z uspešnostjo dijakov skupine B in potrjuje, da je konstruktivistična metoda poučevanja valovanja učinkovitejša pri reševanju nalog, ki so na višjem taksonomskem nivoju kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma (Tabela 10.39).

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

Tabela 10.39: Odgovori dijakov na vprašanje o seštevanju motenj.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Vse prav.	31	22	24	0	9	8
Pred srečanjem motenj prav.	100	74	80	92	56	61
Ob srečanju motenj prav.	100	57	66	54	12	16
Po srečanju motenj prav.	31	26	27	0	15	13
Po srečanju motenj potuje vsota motenj v smeri večje motnje.	62	33	49	46	16	20
Po srečanju se motnji izničita.	8	15	13	8	7	7
Motnji se odbijeta.	0	4	3	8	2	3
Brez odgovora.	0	4	3	8	28	25

- 7. Kako se imenuje pojav, pri katerem opazimo pasove ojačitve in oslabitve. Opišite, kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da ta pojav lahko opazimo?**

KONSTRUKTIVISTIČNI PRISTOP K POUKU FIZIKALNIH VSEBIN – NIHANJE IN VALOVANJE

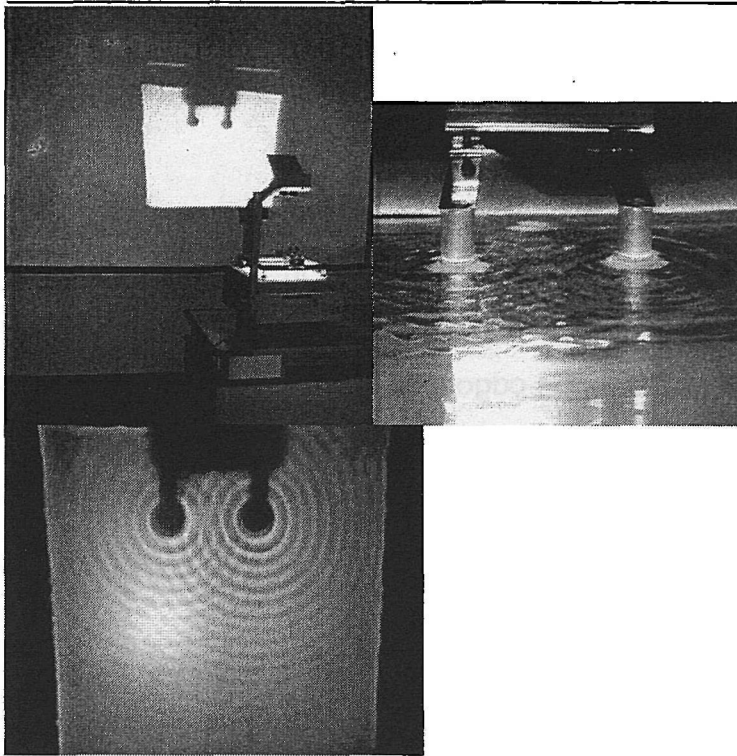


Tabela 10.40: Odgovori dijakov na vprašanje o interferenci.

Odgovori	A1(%)	A2(%)	A(%)	B1(%)	B2(%)	B(%)
Pojav je interferenca.	100	43	56	85	48	53
Resonanca	0	11	9	0	0	0
Dopplerjev pojav	0	6	5	0	4	3
Krožno valovanje	0	0	0	0	4	3
Ostali napačni odgovori	0	14	11	0	0	0
Opis pogojev: dva točkasta vira	38	28	30	11	19	17
dodano: z enako frekvenco	62	9	21	9	1	2
Se ne spomnim.	0	26	20	15	45	41

Vprašanje najprej preverja prepoznavanje pojava interferenca, opis pogojev, ki morajo biti izpolnjeni, da do interference, prikazane na sliki, pride, pa je že na nivoju razumevanja in uporabe znanja.

Analiza odgovorov kaže, da so bili dijaki skupine A in B pri odgovoru na vprašanje o poznavanju interference približno enako uspešni (A 56%, B 53%). Večja razlika se je pokazala pri odgovorih na vprašanje o tem, kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da opazimo opisano interferenco, saj je delež pravih odgovorov dijakov skupine A za 19% večji kot delež pravih odgovorov dijakov skupine B (Tabela 10.40).

Analiza odgovorov kaže, da so razlike med rezultati dijakov, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo in rezultati tradicionalno poučevanih dijakov z elementi konstruktivizma večje pri taksonomsko zahtevnejših vprašanjih.

Rezultati testov Referenčni test iz valovanja, Preverjanje znanja iz valovanja ter Preverjanje znanja iz valovanja v četrtem letniku kažejo, da je konstruktivistična metoda poučevanja vsebin iz učnega načrta za valovanje učinkovitejša kot tradicionalna metoda z elementi konstruktivizma. Dijaki, ki so bili poučevani s konstruktivistično metodo dosegajo boljše rezultate tako pri odgovorih na taksonomsko enostavnejša kot taksonomsko zahtevnejša vprašanja kot tudi pri odgovorih na vprašanja, ki preverjajo razumevanje osnovnih konceptov valovanja kot dijaki, ki so bili vsebine iz valovanja poučevani s tradicionalno metodo z elementi konstruktivizma.

Pri testiranju so po uspešnosti nekoliko izstopali dijaki skupine A1. To skupino sem poučevala sama in sem imela več izkušenj s poučevanjem s konstruktivistično metodo kot kolegica, ki je poučevala s konstruktivistično metodo na gimnaziji B.