SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: Profesor fizike i informatike

Ivana Bilić

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2008.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Ivana Bilić

KORELACIJE KONCEPTUALNIH TESTOVA IZ MEHANIKE I ZNANSTVENOG ZAKLJUČIVANJA

Voditelj diplomskog rada: Doc. dr. sc. Mirko Planinić

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2008.

Hvala mentoru na pomoći i strpljenju, te pruženoj potpori prilikom izrade ovog diplomskog rada.

SADRŽAJ

UVOD 1

1. NASTAVA FIZIKE 2

1.1. Tradicionalni oblik nastave fizike 2

1.2. Promjena pristupa nastavi fizike 3

1.3. Interaktivna nastava (Ineractive Engagement) 4

1.4. Predkoncepcije 5

2. PREDKONCEPCIJE U MEHANICI 6

2.1. Aristotel 6

2.2. Teorija impetusa 8

2.3. Newton 9

2.4. Kategorizacija intuitivnih koncepata o gibanju 11
2.4.1. Principi gibanja 11
2.4.2. Utjecaji na gibanje 12

3. KONCEPTUALNI TESTOVI 14

3.1. FCI test (Force concept inventory) 14
3.1.1. Rezultati testiranja FCI testom 18

3.2. Lawsonov test 21

3.3. Korelacije između FCI testa i Lawsonovog testa 23

4. RAČUNALNA IMPLEMENTACIJA TESTOVA 31

4.1. Sustav za upravljanje učenjem (LMS) 32

4.2. Claroline 33

ZAKLJUČAK 38

REFERENCE **40**

PRILOG 1 ..... **41**

Uvod

U posljednjim desetljećima edukacijska istraživanja u fizici bude sve veći interes fizičara diljem svijeta. Provode se mnogobrojna istraživanja koja doprinose sve boljem razumijevanju učeničkih poteškoća u fizici, te pronalaze nove poboljšane nastavne metode, koje doprinose smanjenju tih poteškoća.

Među bitna otkrića tih istraživanja spada i činjenica da već i prije nego što počnu formalno učiti fiziku djeca imaju razvijen skup intuitivnih ideja o fizikalnim pojavama, koje su razvijali na temelju osobnog iskustva. Kako je fizika svojim dobrim dijelom apstraktna i nerijetko u nesuglasju s uobičajenom intuicijom, učeničke su ideje (predkoncepcije) često u sukobu s fizikalnim idejama, te kao takve mogu predstavljati zapreku usvajanju fizikalnih ideja. Naravno, otkriće učeničkih predkoncepcija orijentira istraživače prema traženju metoda za njihovo rano otkrivanje i suzbijanje.

Ovaj diplomski rad posvećen je istraživanju poteškoća učenika i studenata pri usvajanju fizičkih koncepata. Istraživanje je provedeno testiranjem studenata Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, većina testiranih studenata je na smjerovima prof. fizike i informatike i prof. biologije i kemije. Testovi su zadani i rješavani putem interneta, uz pomoć računalnog sustava Claroline. Zahvaljujem se svim studentima koji si mi omogućili da provedem istraživanje, jer bez njihove pomoći ovaj rad ne bi bio moguć.

1. Nastava fizike

U današnje vrijeme živimo u društvu visoke tehnologije. Naša civilizacija, kultura i tehnologija usko je povezana s različitim prirodnim znanostima. Znanost je izmijenila naše društvo i način života. Takvo okruženje mijenja položaj i ulogu obrazovanja, a posebno prirodoznanstvenog područja u školi. Znanje postaje glavni resurs razvoja uspješnih zemalja u informacijskom dobu, zbog toga je važan sveobuhvatan odgoj i obrazovanje, od predškolskog pa sve do cjeloživotnog obrazovanja.

Prirodne znanosti, a s njima i fizika, nalaze se u središtu civilizacijskih promjena - one te promjene stvaraju i oblikuju. Zbog toga su prirodne znanosti temelj odgoja i obrazovanja današnje djece. Uspješno funkcioniranje u današnjem društvu podrazumijeva prirodoznanstvenu pismenost cjelokupne učeničke populacije. To znači da trebamo postići nastavu koja će omogućiti uspješno učenje fizike za sve učenike u osnovnim, srednjim školama, te na fakultetima. U takvoj nastavi svaki profesor treba učenike dovesti do spoznaje da fizika i ostale znanosti čine osnovu svake suvremene tehnologije i kulture. Učenici bi trebali uočiti pojave koje se događaju oko njih, te shvatiti te pojave i zakonitosti.

Pitanje koje nam se nameće je: Kakva bi trebala biti suvremena nastava fizike koja će to i ostvariti?

1.1. Tradicionalni oblik nastave fizike

Do sada najpoznatiji oblik nastave fizike bio je tzv. *tradicionalni oblik nastave fizike (predavačka nastava)*, najrašireniji oblik nastave fizike. U njemu je profesor u središtu, dok su učenici samo pasivni slušači i promatrači. Profesor naglašava što je bitno, što treba zapamtiti, na što obratiti pažnju i slično. S pozicije učenika ili studenta tako stečeno znanje je površno, a vrlo često izostaje učenikovo postavljanje pitanja o gradivu.

Brojna istraživanja su pokazala da na ovaj način svega do 20% učenika uspije razviti način mišljenja potreban za kakvo takvo razumijevanje fizike, dok je za ostalih 80% fizika nerazumljiva i dosadna, a učenje fizike beskorisno i izvor mnogih frustracija (1).

1.2. Promjena pristupa nastavi fizike

Gore navedeni podaci nam govore da je definitivno potrebna promjena pristupa nastavi fizike. Ta potreba za promjenom uočena je već sredinom 20. stoljeća. Osim već navedenog nedostatka interesa kod učenika te slabih rezultata, primijećeno je da je broj učenika koji se upisuju na prirodoslovne i tehničke fakultete prenizak.

Pristup učenju fizike trebao bi se mijenjati od reakcije na profesorovo izlaganje, prema samostalnom učenju vođenom od strane profesora u poticajnom okruženju. Učenje više ne bi trebalo biti odvojeno od drugih aktivnosti niti bi sadržaji trebali biti strogo raspoređeni u discipline.

Proces učenja bi se trebao mijenjati tako da ga određuje:

- Interakcija između svih sudionika koji uče
- Učeničko konstruiranje znanja temeljeno na problemima i projektima, umjesto prenošenja znanja učeniku
- Razvoj učenikovih sposobnosti za snalaženje u novim situacijama, umjesto pukog pamćenja činjenica
- Situacijsko i praktično učenje umjesto teorijskog i verbalnog učenja

Učenje fizike trebao bi biti rad učenika, a ne rad na učenicima. Pri učenju fizike učenici trebaju promatrati i opisivati pojave, postavljati pitanja, usvajati znanja konstruiranjem objašnjenja na različite načine i prenositi svoje ideje drugima. Učenici trebaju biti uključeni u planiranje, rješavanje problema, odlučivanje i u zajedničku raspravu.

1.3. Interaktivna nastava (Ineractive Engagement)

Kao rezultat brojnih edukacijskih istraživanja u fizici umjesto tradicionalnog oblika nastave počinju se uvoditi razni oblici *interaktivne nastave fizike.* Svima njima je zajedničko jedno: učenik se sada nalazi u središtu, a nastavnik je onaj koji vodi i usmjerava. Nastavnik vodi računa o onome što učenik zna i maksimalizira društvenu interakciju među učenicima tako da oni mogu pregovarati, te omogućuje mnoštvo iskustava (pokusima) na kojima se gradi njihovo učenje. Pokazalo se da je takva nastava superiorna tradicionalnoj.

Interaktivna nastava uzima u obzir činjenicu da je znanje uvijek rezultat konstruktivne aktivnosti, te da se ono ne može prenijeti pasivnom primatelju. Svaki pojedinac mora sam izgraditi svoje znanje, međutim, nastavnik može usmjeriti učenika, tako da se konstrukcija znanja odvija u smjeru koji nastavnik smatra poželjnim.

U okviru interaktivne nastave učenici nastavni proces većim dijelom prolaze sami, kroz grupni rad diskutiraju o materijalu za učenje i zadanoj temi. Učenici trebaju pripremiti prezentaciju, svi članovi pojedine grupe trebaju se osposobiti za rad na gradivu, za testiranje ili za neki drugi zadatak koji grupa preuzme. Učenici preuzimaju obavezu da materijal koji uče prenesu i drugim učenicima u razredu, te se tako susreću sa sasvim novom pozicijom i ulogom koju preuzimaju od nastavnika. Sami trebaju odvojiti bitno od nebitnog, naći način na koji će to njihovi vršnjaci shvatiti i naučiti.

Ako smo pretpostavili da učenici sami izgrađuju svoje osobno znanje, moramo znati da njihova svijest nije *tabula rasa,* čak su i predškolska djeca proživjela nekoliko godina i imaju određene stavove i znanja o svojoj okolini. Ta znanja ne moraju nužno biti točna, ali ona su temelj na kojemu se dograđuju sva ostala znanja. Zbog toga je za nastavnika bitno da dobije određenu ideju o tome s kakvim konceptima učenici raspolažu.

1.4. Predkoncepcije

U tradicionalnom obliku nastave fizike uobičajeno je pretpostaviti da učenici ne znaju gotovo ništa o fizici prije nego li je počnu učiti u školi, te da je zadatak nastavnika da predaju informacije učenicima, koje ukoliko su jasno izložene, učenici bez problema prihvaćaju.

U 1980-im godinama počela su intenzivna istraživanja na području intuitivnih učeničkih ideja, a to je područje istraživanja aktualno i danas. Istraživanja su pokazala da pretpostavka o učeniku koji nema nikakve predodžbe ili koncepte o fizikalnim pojavama prije nego li krene na nastavu fizike - nije opravdana. Već i prije nego što počnu učiti fiziku u školskim klupama djeca imaju određene intuitivne ideje o mnogim fizikalnim konceptima, koje su razvili na temelju osobnog iskustva. Te intuitivne učeničke ideje najčešće nazivamo *predkoncepcijama*, a u uporabi su i termini: miskoncepcije, intuitivne ideje, dječja znanost itd.

Kako je fizika velikim dijelom kontraintuitivna, učeničke su ideje često u sukobu s fizikalnim teorijama, te kao takve predstavljaju zapreku usvajanju fizikalnih ideja. Učeničke predkoncepcije se mijenjaju i razvijaju tokom vremena, no zbog svoje ustrajnosti su problematične za nastavu fizike. Predkoncepcije su učenicima jednostavne i razumljive u objašnjavanju svakodnevnih situacija 'zdravim razumom', te ih oni neće lako napustiti u korist fizikalnih ideja koje su kontraintuitivne i djeci često teško razumljive. Predkoncepcije naravno utječu na učenje fizike, no u tradicionalnoj se nastavi njihovo postojanje ignorira, najčešće zbog toga što nastavnici malo o njima znaju.

Posebnu pozornost velikog broja istraživača zaokupljaju predkoncepcije u mehanici, osobito odnos sile i gibanja. To je vjerojatno zato što je mehanika temeljno područje fizike, te nam dobro razumijevanje mehanike uvjetuje uspjeh i na drugim područjima fizike. Drugi razlog za veliki interes istraživača je bliskost mehanike svakodnevnom iskustvu, iz čega i proizlazi velik broj predkoncepcija.

2. Predkoncepcije u mehanici

U prethodnom poglavlju pisalo se potrebi za suvremenom nastavom fizike koja uzima u obzir činjenicu da učenici posjeduju različite zdravorazumske ideje ili predkoncepcije o fizikalnim pojavama i prije nego sjednu u školske klupe. Prije neke kategorizacije učeničkih miskoncepcija, bilo bi dobro proučiti razvoj fizikalnih koncepata od Aristotelovog koncepta gibanja i sile pa sve do Newtonovog.

Zdravorazumske, intuitivne ideje koje nisu u skladu sa znanstvenim teorijama znanstvenici vrlo brzo nazovu miskoncepcijama te ih odbace. Kod učenika situacija nije takva, oni svoje intuitivne ideje ne napuštaju tako lako, jer su one nastale iz njihovog dugo stvaranog osobnog iskustva. Učeničke miskoncepcije nisu samo trivijalne pogreške koje se ne zasnivaju na ničemu. Sve današnje miskoncepcije o gibanju i sili su bile zagovarane i branjene od vodećih intelektualaca i znanstvenika prednjutnovskog doba. Ako uzmemo u obzir da je razumijevanje nekih koncepata bio težak zadatak za mislioce poput Aristotela ili Galilea, ne bi nas trebalo iznenađivati što je to također problem današnjih učenika.

Aristotelovska konstrukcija svijeta bila je u uporabi gotovo dvije tisuće godina i u mnogim je znanstvenim krugovima ostala u uporabi i nekoliko desetljeća nakon formuliranja Newtonovih zakona. To je zato što je aristotelovska mehanika puno bliža intuiciji od njutnovske.

2.1. Aristotel

Aristotel (384 – 322 prije Krista), grčki filozof i znanstvenik. Gotovo da nema tog područja kojemu on nije dao svoj doprinos: bavio se fizikom, kemijom, biologijom, astronomijom, retorikom, psihologijom i mnogim drugim znanostima. Stvorio je teoriju o gibanju tijela, koja je bila u skladu s njegovim intuitivnim iskustvom. Bio je prvi koji je sistematički razvio i

organizirao zdravorazumske koncepte o fizičkim pojavama u jasne formulacije. Gotovo dva tisućljeća su se te formulacije održale u znanosti, to nam pokazuje koliko je bilo teško otkriti i ispraviti mane u Aristotelovom konceptualnom sistemu.

Miskoncepcije koje učenici najčešće ponavljaju često se nazivaju 'aristotelovskim razmišljanjem'. Taj termin baš i nije posve točan u svakom pojedinačnom slučaju, razmišljanje nekih učenika sličnije je srednjovjekovnoj teoriji *impetusa* (o kojoj će se nešto više reći u sljedećem poglavlju).

Neki Aristotelovi koncepti o fizikalnim pojavama:

- Mirovanje je prirodno stanje svih objekata - svako gibanje ima svoj uzrok, ako na tijelo ne djeluje nikakva sila ono će mirovati
- Uzrok ili sila može biti: 1) urođena sila – tendencija svakog objekta da traži svoje 'prirodno' mjesto ili 2) kontaktna sila – dodirna sila (sila na neki objekt se može vršiti samo direktno od nekog živog bića ili indirektno uz pomoć nekog sredstva npr. štapa)
- Neživi objekti su prepreke koje zaustavljaju ili usmjeravaju gibanje, ali ne mogu uzrokovati silu
- Brzina padanja tijela je proporcionalna njegovoj težini – teže tijelo pada brže, proporcionalno svojoj težini
- Povećanje brzine nekoga tijela može biti uzrokovano samo povećanjem sile koja djeluje na to tijelo
- Da bi se tijelo neprekidno gibalo potrebno je stalno djelovanje neprekidne sile (F~v)
- Sila ne može pomaknuti neko tijelo dok ne nadjača inerciju tog tijela (svojstveni otpor tijela – masu – koju Aristotel ne razlikuje od težine)

Ove koncepte možemo objasniti uz pomoć nekih primjera. Prema Aristotelu kola se gibaju zbog toga što ih vuče konj. Ako konj počne vući kola većom silom i njihova brzina će se povećati. Čim sila prestane djelovati, tijelo se zaustavlja. Tako će se kola zaustaviti ako ih konj prestane vući.

Ako uzmemo primjer strelice ispaljene u zrak, čovjek ispali strelicu, dakle djeluje silom na nju, dok je zrak dalje pokreće. Aristotel je smatrao da se u trenutku izbacivanja strelice zrak «sprijeda uzvitlava, a straga otječe» i zbog toga djeluje na strelicu te ju dalje gura.

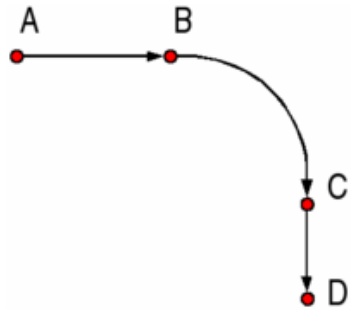
U Aristotelovoj teoriji svako gibanje ima svoj uzrok, tako je sila koja je odgovorna za prisilno gibanje nužno kontaktna u odnosu na objekt koji se giba. Zbog ovog zahtjeva bilo je teško objasniti gibanje strelice budući da jednom kada strelica napusti luk, teško je pronaći ikakav izvor vanjske sile. Kritike ovog dijela Aristotelove teorije vodile su do njezinog prepravljanja u srednjem vijeku.

2.2. Teorija impetusa

Aristotelova ideja o zraku koji pokreće strelicu (nakon ispaljenja iz luka) odbačena je u srednjem vijeku i zamijenjena novom teorijom impetusa. Tu teoriju predložio je filozof Ivan Filipon iz Aleksandrije u 6.st. On je smatrao da se pri bacanju nekog objekta u njega utisne sila koja ga održava u stanju gibanja sve dok se ne 'potroši' zbog otpora zraka. Ivan Burdian u 14.st. razvija srednjovjekovnu inačicu ove teorije i naziva utisnutu silu *impetusom*.

Impetus je toliko prirodan, intuitivni koncept, da se mnoge njegove inačice pojavljuju kod znatnog broja današnjih učenika, koji ga miješaju s njutnovskim pojmom sile.

Albert Saksonski (14.st), njemački filozof, učenik Ivana Buridiana. Da bi objasnio gibanje ispaljenog projektila u svoju teoriju uključije gravitaciju, impetus i otpor zraka.



Slika 1. Impetus

U prvom djelu putanje (slika 1) između točaka A i B, impetus poništava gravitaciju, te održava horizontalnu putanju projektila sve dok ga ne oslabi otpor zraka. Drugi dio putanje između B i C je svojevrsni prijelaz između impetusa i gravitacije, koji traje sve dok se impetus ne 'potroši' u potpunosti. U posljednjem djelu putanje između C i D, projektil pada vertikalno tražeći svoje 'prirodno' mjesto.

Vrlo slična razmišljanja ovoj teoriji primjećuju se kod mnogobrojnih učenika u današnje vrijeme.

2.3. Newton

Isaac Newton (1643 – 1727), engleski fizičar, matematičar, astronom. U svom kapitalnom djelu "Philosophiae naturalis principia mathematica" opisao je *teoriju gravitacije* i preko svojih *zakona gibanja* otvorio put klasičnoj mehanici. Najvažnije pitanje koje se u tom djelu pojavilo bilo je „Koje je temeljno stanje gibanja svih tijela?“.

Odgovor na to pitanje je prvi Newtonov zakon:

Svako tijelo ostaje u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu, osim ako nije prisiljeno promijeniti to stanje zbog djelovanja vanjske sile.

Prema Newtonu mirovanje i jednoliko gibanje po pravcu potpuno su ravnopravna stanja. Taj rezultat se možda ne slaže s našom intuicijom, no ne smijemo zaboraviti da je ta intuicija u skladu s Aristotelovom teorijom.

Drugi Newtonov zakon:

$$F = m\,a$$

govori o vezi između tri veličine: vanjske sile F, akceleracije tijela a i mase m. Iz drugog Newtonovog zakona vidimo da je sila povezana s ubrzanjem ($F \sim a$), a ne s brzinom kao što je to Aristotel mislio. Za gibanje konstantnom brzinom nije potrebna nikakva sila - upravo je to koncept koji je učenicima najteži za shvatiti.

Treći Newtonov zakon govori nam o međudjelovanju dvaju tijela.

Ako jedno tijelo A djeluje na drugo tijelo B silom F , tada drugo tijelo B djeluje na prvo tijelo A, također silom F , koja je jednakog iznosa i suprotnog smjera.

Najvažnija učenička predkoncepcija vezana za ovaj zakon je: „Tijelo veće mase djeluje na tijelo manje mase većom silom“.

I nakon objavljivanja Newtonovih zakona fizika gibanja se još nekoliko desetljeća predavala iz udžbenika u duhu aristotelovske fizike. To je najbolji dokaz koliko teško ljudi napuštaju svoje intuitivne ideje.

2.4. Kategorizacija intuitivnih koncepata o gibanju

U ovom potpoglavlju naveden je popis svih najčešćih učeničkih miskoncepcija u mehanici, taj popis su napravili profesori sa sveučilišta u Arizoni, Ibrahim Abou Haullon i David Hestenes (2). Oni su učeničke miskoncepcije podijelili u dvije velike kategorije, u skladu s klasifikacijom Newtonove mehanike: prvu kategoriju koja se odnosi na miskoncepcije o Newtonovim zakonima gibanja nazvali su *principi gibanja*, a drugu su nazvali *utjecaji na gibanja.*

2.4.1. Principi gibanja

1. Intuitivni opisi gibanja često imaju slijedeće karakteristike:
    a. Koncepti 'vremenskog intervala' i 'trenutka' se ne razlikuju – trenutak se obično smatra vrlo malim intervalom vremena
    b. Brzina se definira kao put podijeljen s vremenom – prosječna brzina se ne razlikuje od trenutačne brzine
    c. Koncepti puta, akceleracije i brzine se jasno ne razlikuju
2. Ako tijelo miruje na njega ne djeluje niti jedna sila – ovaj koncept je analogan prvom Newtonovom zakonu, učenici ne mogu intuitivno razumjeti da tijelo može mirovati ako na njega djeluju sile koje su međusobno u ravnoteži
3. Svako gibanje ima uzrok – analogija drugom Newtonovom zakonu
    a. Gibanje objekta može početi zbog vanjske sile primijenjene na objekt ili gravitacije – 'svojstvene tendencije' svakoga objekta da pada prema dolje
    b. Objekt se u gibanju održava s: konstantnim djelovanjem sile ili gravitacije na objekt ili silom utisnutom u objekt (impetusom)

c. Gibanje može biti zaustavljeno sa: svojstvenim otporom samoga objekta (masa **ili** težina), otporom sredstva koje okružuje objekt ili preprekama koje se nađu na putu

4. Newtonov treći zakon je u većini slučajeva nespojiv s intuitivnim razmišljanjem. Neke miskoncepcije vezane uz njega su:

    a. Tijelo veće mase djeluje većom silom

    b. Prvi objekt koji uzrokuje gibanje drugoga objekta, vrši na njega veću silu, nego što drugi objekt vrši na prvi

5. Vektorski zbroj sila ima dvije intuitivne analogije:

    a. Princip dominacije: Gibanje određuje veća od dvije međudjelujuće sile

    b. Princip kompromisa: Gibanje je određeno s kompromisom između međudjelujućih sila – naravno, na vektorski zbroj se može gledati kao na neku vrstu kompromisa, ali učeničke ideje o kompromisu su vrlo nejasne i često uključuju impetus

2.4.2. Utjecaji na gibanje

1. Izvršena sila je neka vrsta povlačenja ili guranja koju vrši neki posrednik *direktnim kontaktom* s objektom. Efekt primijenjene sile se često može opisati sa slijedećim uzrocima:

    a. Unutarnji otpor: Sila ne može pomaknuti objekt ukoliko nije veća od težine objekta. Težina se ne razlikuje od mase

    b. Konstantna sila uzrokuje konstantno gibanje, ili $F = m\,v$

    c. Akceleracija nastaje uslijed povećanja sile

    d. Konstantna sila ima dvije vrste ograničenja koja ovise o veličini sile:

i. Sila se istroši pri gibanju, ili zbog međudjelovanja s nekim posrednikom

ii. Sila ubrzava objekt dok on ne dostigne neku kritičnu brzinu proporcionalnu samoj sili

e. Sila koja djeluje na nekoj većoj udaljenosti mora biti prenesena nekim medijem, npr. uže koje povezuje objekt i posrednika.

2. Utisnuta sila (impetus) održava gibanje objekta neovisno o nekim vanjskim utjecajima (silama) – gibanje objekta se često opisuje s postojanjem sile u smjeru gibanja objekta

3. Gravitacija je tendencija objekata da padaju 'prema dolje', u ovoj miskoncepciji gravitacija nije čak nužno ni sila

Vrlo je bitno da današnji nastavnici fizike budu upoznati s gore navedenim učeničkim miskoncepcijama. Kroz razgovor i interakciju s učenicima nastavnik će dobiti ideju o tome s kojim točno konceptima učenici raspolažu te kako ih povezuju.

Uz razgovor i interakciju, veliku mogućnost nastavnicima fizike pružaju i raznovrsni testovi namijenjeni za identificiranje učeničkih miskoncepcija. To su testovi višestrukog izbora, u kojima se učenicima na svako pitanje nudi više odgovora, od kojih je samo jedan točan. Krivi odgovori nude najčešće učeničke miskoncepcije. Ti testovi omogućavaju dokumentiranje prisutnosti predkoncepcija na velikim brojevima učenika i studenata, posebno u današnje vrijeme interneta i IT tehnologija.

3. Konceptualni testovi

U ovom poglavlju izloženi su rezultati testiranja provedenog na studentima fizičkog odsjeka Prirodoslovno - matematičkog fakulteta. Testiranju je pristupilo dvadesetak studenata, od kojih je većina pred diplomom (apsolventi). Studenti su riješavali dva testa, FCI test – konceptualni test iz mehanike, te Lawsonov test - test koji provjerava razinu znanstvenog zaključivanja studenata. No prije nego se izlože rezultati testova i korelacija među njima, reći će se nešto i o samim testovima.

3.1. FCI test (Force concept inventory)

Force concept inventory (FCI) je test dizajniran da bi ispitao učeničko razumjevanje koncepata njutnovske mehanike. On može biti korišten u nekoliko različitih svrha, ali najčešće se koristi da bi se procjenila učinkovitost nastave mehanike. Može se reći da je FCI danas najrašireniji i najčešće korišten test koji provjerava učinkovitost nastave mehanike.

Test se pojavio prvi put 1985. pod imenom Mechanics Diagnostics Test (MDT), a sastavili su ga već spomenuti američki fizičari Halloun i Hestenes 1985, te objavili u časopisu American Journal of Physics. Nakon tog objavljivanja test je bio prepravljan i dorađivan sve do 1992, kada se objavljuje u časopisu The Physics Teacher kao FCI. Otprilike 60% FCI testa su pitanja zadržana iz MD testa. Do danas su na testu napravljene još neke manje promjene, a test je ušao u široku primjenu u SAD-u, na sveučilištima i u srednjim školama (3).

FCI test ispituje učeničko razumijevanje njutnovskih koncepata sile i gibanja bez upotrebe formula i računanja. Sastoji se od 30 pitanja, a svako pitanje ima pet ponuđenih odgovora od kojih je samo jedan ispravan. Među ponuđenim odgovorima, netočni odgovori nude najčešće učeničke

miskoncepcije.

Sa stajališta nastavnika pitanja u FCI testu su toliko jednostavan, da bi se mnogi na prvi pogled zapitali isplati li se uopće davati taj test učenicima. No, na tom naizgled jednostavnom testu učenici uglavnom postižu vrlo loše rezultate, čak i mnogi koji test riješavaju nakon odslušanog uvodnog kolegija mehanike na fakultetima. Moglo bi se reći da je upravo zbog toga FCI test izvršio veliki utjecaj na mijenjanje mišljenja kako američkih nastavnika, tako i nastavnika iz drugih zemalja, o podučavanju fizike. Nastavnici su shvatili da je nastavu fizike potrebno mijenjati, i počeli su tražiti nove, interaktivne oblike nastave fizike, u kojima svi učenici više sudjeluju te sami konstruiraju svoje znanje.

Profesor Richard Hake sa sveučilišta u Indiani objavio je 1998. rezultate svojeg istraživanja provedenog na velikom broju američkih učenika i studenata (4). Njegovo istraživanje je naišlo na veliki odjek među nastavnicima fizike. On je prikupio rezultate FCI testa za 6542 američka studenta i učenika, koji su bili upisani u neki od 62 uvodna kolegija fizike na sveučilištima i u srednjim školama diljem SADa. Studenti su bili testirani dva puta, prije početka uvodnog kolegija mehanike (predtest), i nakon odslušanog kolegija (posttest). Iz ta dva testa nastavnici su mogli provjeriti jesu li njihovi učenici napredovali u razumijevanju osnovnih koncepata njutnovske mehanike. U velikom broju slučajeva, drugo ponavljanje testa, nakon odslušanog kolegija, polučilo je bolje rezultate. No najbitnija činjenica na koju je ukazalo ovo istraživanje bila je velika razlika između učinkovitosti tradicionalnih kolegija i interaktivnih kolegija. Moglo bi se reći da su se interaktivni kolegiji pokazali kao otprilike dva puta učinkovitiji u iskorijenjivanju učeničkih predkoncepcija od tradicionalnih kolegija.

Osim toga što je ovo istraživanje na velikom uzorku studenata pokazalo koliko je velika razlika u učinkovitosti između tradicionalne i interaktivne nastave fizike, ono je također promoviralo FCI test kao sredstvo pomoću kojega nastavnici mogu lako provjeriti kolika je razina

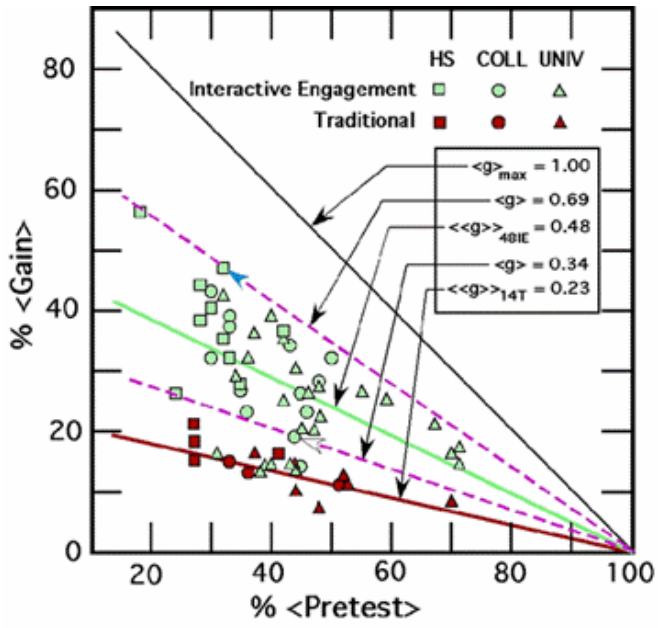
konceptualnog razumijevanja njihovih učenika, te jesu li oni uopće napredovali nakon odslušanog kolegija .

Za jednostavniju interpretaciju rezultata FCI testova, Hake je definirao tzv. g-faktor (*g*) ili faktor prirasta (eng. *gain*). Taj faktor predstavlja omjer stvarne razlike rezultata oba testa s maksimalnim mogućim napretkom u razumijevanju nakon odslušanog kolegija:

$$g = \frac{posttest\% - predtest\%}{(100 - predtest)\%}$$

Uz pomoć g-faktora nastavnici mogu lako vidjeti koliko su njihovi učenici napredovali, te tako ocijeniti uspješnost svog kolegija. Koristeći ovu interpretaciju dobiti ćemo da g-faktori učenika s pred – post rezultatima 20%-60%, 40%-70%, 80%-90%, iznose točno g=0.5.

Na slici broj 2 nalaze se rezultati Hakeovog istraživanja. Na apscisi je postotak uspješno riješenih zadataka na FCI predtestu, a na ordinati postignuti apsolutni prirast na FCI testu (*posttest%-predtest%*). Zelenom bojom su označeni rezultati učenika i studenata koji su pohađali satove interaktivne nastave fizike, dok su crvenom bojom označeni rezultati studenata tradicionalne nastave. Različiti oblici kojima su označeni podaci (kvadrat, krug i trokut) označavaju jesu li ti učenici srednjoškolci ili studenti. Na slici se jasno vidi razlika u uspješnosti studenata s tradicionalnih kolegija i onih koji su odslušali interaktivne kolegije. Hakeovo istraživanje je pokazalo da rezultati studenata koji su odslušali tradicionalne kolegije padaju u područje do g = 0,3, dok su se gotovo svi rezultati interaktivnih kolegija našli u području g = 0,3 – 0,7. Zanimljiv je podatak da niti jedan kolegij nije imao g veći od 0,7.

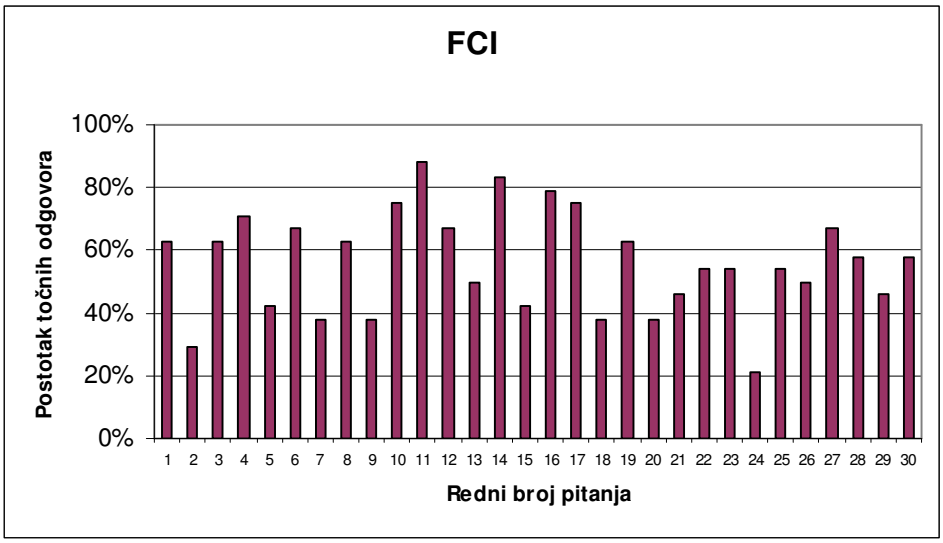


Slika 2. Rezultati Hakeovog istraživanja

Već je navedeno da FCI test možemo koristiti i za procjenu razine konceptualnog znanja učenika. Kako postoji veliki broj učenika i studenata koji su riješili ovaj test, iz prikupljenih podataka određene su granice između njutnovskog i prednjutnovskog razmišljanja, s obzirom na postotak uspješnosti na testu. Najčešće se uzima da je prag njutnovskog razmišljanja rezultat od 60%, učenici koji ostvare rezultat manji od tih 60% imaju mnogo pretkoncepcija i koriste prednjutnovske ideje u svojim odgovorima. Učenici s rezultatom koji pada između 60 -80% su oni koji su počeli koristiti njutnovske ideje, ali su neke predkoncepcije kod njih još uvijek prisutne. Rezultat iznad 80% ostvaruju oni učenici koji su uglavnom usvojili njutnovske koncepte sile i gibanja. Naravno, ako je rezultat ostvaren na testu blizu 100%, to nam može biti čvrsti pokazatelj njutnovskog razmišljanja. Pri našim procjenama ne smijemo zaboraviti da FCI test mjeri osnove konceptualnog razumijevanja iz mehanike (5).

3.1.1. Rezultati testiranja FCI testom

Sada ćemo pogledati rezultate 20 studenata, uglavnom apsolvenata na profesorskim smijerovima fizike. Kako su ovi studenti odslušali sve kolegije iz mehanike koji su u programu na njihovim smjerovima, možemo smatrati ovaj test nekom vrstom FCI posttesta. Analizirajući rezultate svih testiranih studenata dobivamo uvid u zadatke koji su bili savladani s najvećim i najmanjim uspjehom. Na grafikonu 1 poredani su zadaci od prvog do posljednjeg, te postotak točnih odgovora za svaki zadatak. Možemo vidjeti da najuspješnije riješen zadatak 11 s maksimalnih 88% točnih odgovora, dok je najlošiji uspjeh ostvaren na zadatku 24, s 21% točnih odgovora, te zadatku 2 koji je točno riješilo 29% studenata.



Grafikon 1.

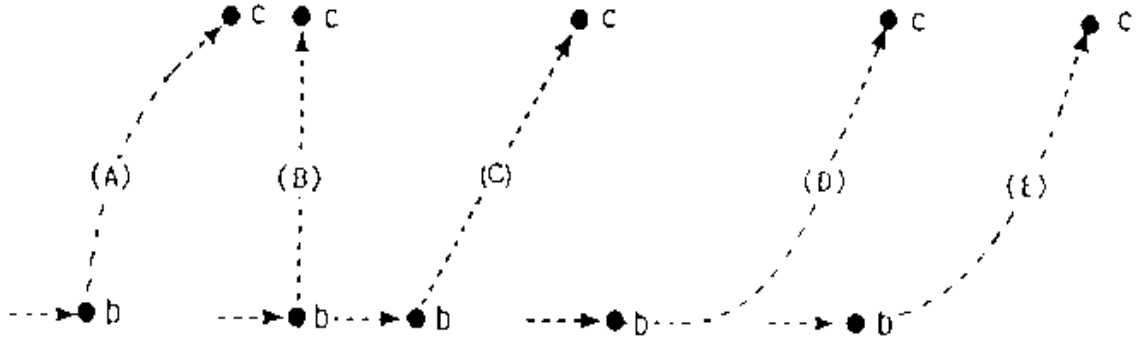
Taj vrlo nizak rezultat ostvaren na pripadnim zadacima sugerira na njihovu težinu, točnije problematiku koju predstavljaju ispitanicima, te ćemo ih zbog toga detaljnije analizirati.

Zadatak 24 Na raketu, koja se giba bočno u svemiru od položaja "a" do položaja "b", ne djeluju nikakve vanjske sile. Kad stigne do "b" raketa

uključi pogon, koji proizvodi stalnu silu na raketu u smjeru okomitom na liniju ab. U položaju "c" pogon se opet isključuje.



Koja od putanja najbolje opisuje gibanje rakete između "b" i "c"?



Spomenuto je već da je na ovo pitanje točan odgovor dalo samo 21% studenata. Točan je odgovor pod E. Mali broj studenata je primjenio znanje iz horizontalnog hica na ovu situaciju, koja je u biti vrlo slična. Najveći broj studenata (43%) je izjavilo da je točan odgovor C, dok je 22% odabralo D kao točan odgovor. To nam govori da studenti ne prepoznaju horizontalnu komponentu gibanja (odgovori pod B i C) ili je prepoznaju ali smatraju da nakon uključenja pogona (stalne sile) raketa putuje ravnom crtom neko vrijeme (odgovor D).

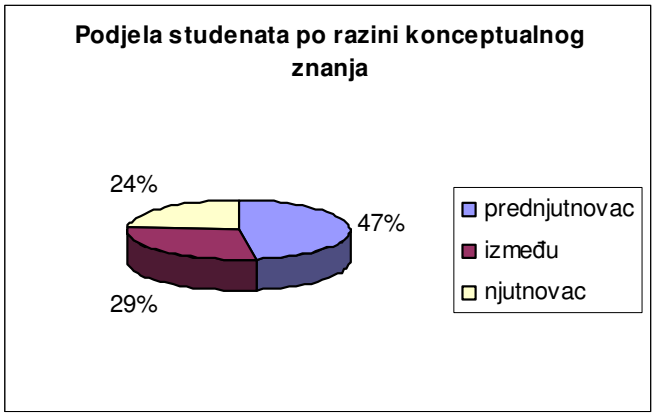
Zadatak 2. Dvije metalne kugle su jednako velike, ali je jedna dvostruko teža od druge. One se otkotrljaju s horizontalnog stola istom brzinom.

A) Obje će pasti na pod na otprilike jednakoj horizontalnoj udaljenosti od

baze stola.
B) Teža će kugla pasti na pod otprilike upola bliže bazi stola nego lakša.
C) Lakša će kugla pasti na pod otprilike upola bliže bazi stola nego teža.
D) Teža će kugla pasti značajno bliže bazi stola nego lakša, ali ne nužno upola bliže.
E) Lakša će kugla pasti značajno bliže bazi stola nego teža, ali ne nužno upola bliže.

Na drugo pitanje točno je odgovorilo 29% studenata. Točan odgovor je A. Mali postotak točnih odgovora posljedica je intuitivne ideje da domet kugle ovisi od masi iste. Većina studenata smatra da će teža kugla pasti značajno bliže bazi stola nego lakša kugla, ali ne nužno upola bliže (odgovor pod D).

Na grafikonu 2 je prikazana podjela testiranih studenata po razinama konceptualnog znanja.



Grafikon 2

Iz ovoga grafikona se vidi da skoro pola testiranih studenata nije uspjelo prijeći prag od 60%, dakle nisu usvojili neke osnovne koncepte njutnovske mehanike čak niti nakon odslušanih svih kolegija na fakultetu. Možemo li biti sigurni da je ovakav rezultat posljedica isključivo krivog

načina predavanja? Moramo sagledati i druge faktore koji utječu na učenje, kako bi pronašli sve 'sakrivene' varijable koje utječu na postignuti g-faktor učenika.

3.2. Lawsonov test

Vrlo je važno da se pri uspoređivanju g-faktora postignutih u različitim razredima u obzir uzimaju razlike među učenicima. Na primjer, netočan bi bio zaključak da su neke nastavne metode korištene u interaktivnom razredu koji ima prosječni g-faktor 0.6, puno učinkovitije od onih koje su bile korištene u razredu s postignutim g-faktorom 0.3. U tim razredima bi mogućnost znanstvenog zaključivanja učenika mogla bit puno bitniji faktor od interaktivne metode korištene u pojedinom razredu.

Jedan od načina da to ispitamo je Lawsonov test znanstvenog zaključivanja (prilog 1). Napisao ga je profesor sa sveučilišta u Arizoni, Anton E. Lawson. Test ispituje sposobnost studenta da primjeni znanstveno i matematičko zaključivanje pri rješavanju problema. Sastoji se od dvadeset i četiri pitanja, među kojima su po dva pitanja uparena. Na primjer, prvo pitanje pita studenta da li će se kuglici plastelina nakon što ju spljoštimo promijeniti težina, dok drugo pitanje traži objašnjenje za odgovor na prvo pitanje. Pitanja iz testa odnose se na više područja: na zaključivanje o očuvanju, zaključivanje o proporcijama, identifikaciju varijabli, razumijevanje vjerojatnosti i hipotetsko – deduktivno razmišljanje. Sva ta područja određuju razinu znanstvenog zaključivanja učenika (6).

Istraživanja švicarskog psihologa Jeana Piageta o dječjem razmišljanju i zaključivanju, dovele su ga do modela kognitivnog razvoja. Prema tom modelu, učenici tj. djeca prolaze koroz različite stadije razvoja, sve dok ne razviju sposobnost znanstvenog zaključivanja, tj. apstraktnog razmišljanja. Kada učenik dođe do stupnja koji se zove *stupanj konkretnih operacija*, on može klasificirati objekte i razumjeti očuvanje, ali još uvijek

nije sposoban za formiranje hipoteza niti za razumijevanje nekih apstraktnih koncepata. U posljednjem stupnju– *formalnih operacija*, učenik može apstraktno razmišljati. Samo u ovom stupnju on može izolirati ili kontrolirati varijable i promatrati odnose među njima (npr. proporcije). Piaget je vjerovao da se do ovog stupnja dolazi između 11. i 15. godine života. Unatoč njegovom mišljenju da većina učenika ima sposobnost apstraktnog razmišljanja već nakon 15. godine, do danas su mnogi istraživači pokazali da velik broj srednjoškolaca, a također i studenata nije doseglo stupanj formalnih operacija. Lawsonov test je dizajniran na način da omogući nastavnicima i istraživačima klasifikaciju učeničkih rezultata u različite stupnjeve kognitivnog razvoja.

Bodovanje Lawsonovog testa: (uz pomoć ovakvog načina bodovanja Lawsonovog testa možemo klasificirati učenike po stupnjevima kognitivnog razvoja) da bi dobili jedan točan bod, učenici moraju točno odgovoriti na jedno pitanje. Dakle, maksimalan broj bodova na testu je dvadeset i četiri.

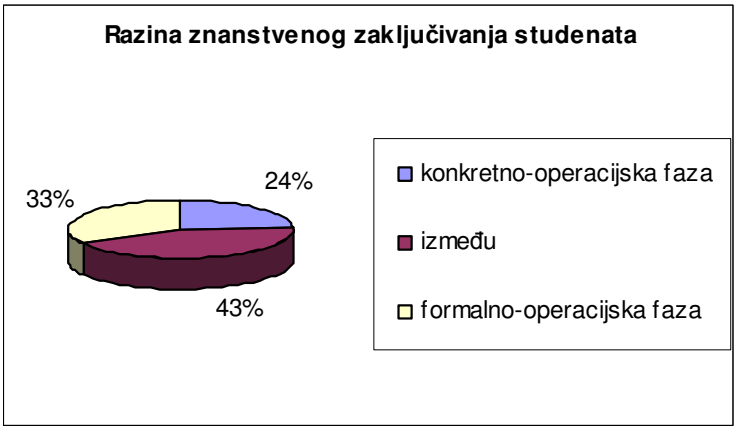
Određivanje stupnja kognitivnog razvoja studenata prema broju bodova na Lawsonovom testu:

- 0-8 : stupanj konkretnih operacija
- 9-16: prijelazni stadij
- 17-24: stupanj formalnih operacija

Ono što je ovdje bitno za naglasiti je činjenica da je stupanj formalnih operacija neophodan za razumijevanje, a samim time i studiranje fizike. Na primjer, student koji ne razumije apstraktne koncepte, imati će velike poteškoće čak i pri razumijevanju drugog Newtonovog zakona. Mnoga istraživanja su pokazala da je samo 1/3 studenata na fakultetima dosegla stadij formalnih operacija, dok su ostali studenti ili u stadiju konkretnih operacija ili u nekom prijelaznom stadiju.

Ako pogledamo rezultate testiranih studenata, 20 apsolvenata sa smjera prof. fizike i informatike, te ih klasificiramo na ovaj način, dobijemo

podjelu prikazanu na grafikonu 3, koja ne odstupa od zaključaka istraživača, samo 33% testiranih studenata je doseglo stupanj formalnih operacija:

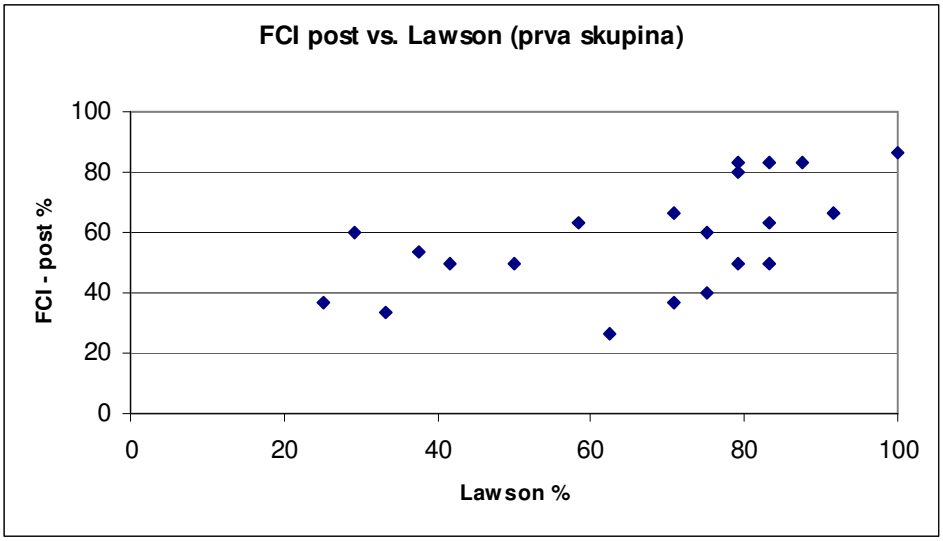


Grafikon 3

3.3. Korelacije između FCI testa i Lawsonovog testa

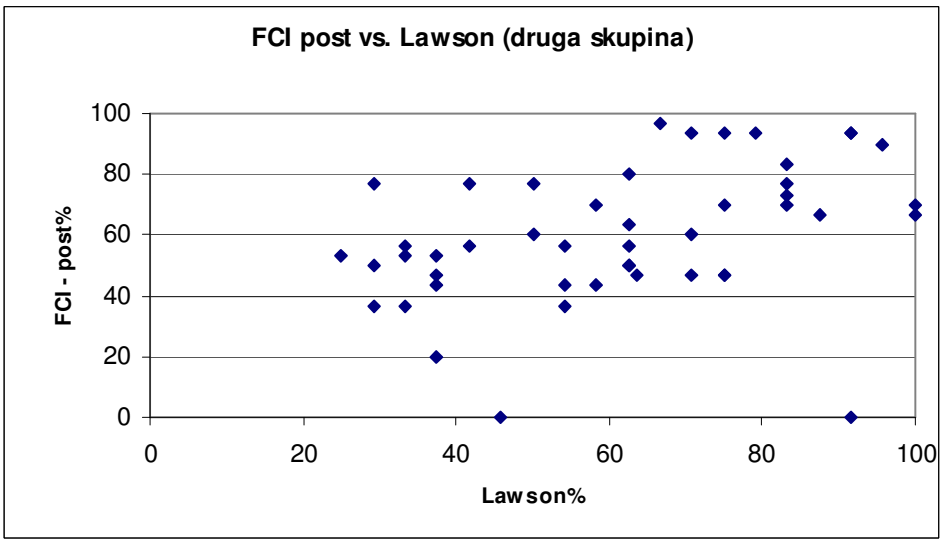
Kako su već spomenuti apsolventi riješavali samo FCI posttest, nemamo saznanja o razini njihovog konceptualnog razumijevanja prije odslušanih kolegija iz mehanike, iz čega proizlazi i nemogućnost izračunavanja njihovog g-faktora. Upravo zbog toga upotrijebljeni su i rezultati testiranja jedne druge skupine studenata s nižih godina smjera prof. kemije i biologije (42 studenta), koji sadrže i rezultate predtesta i postignuti g-faktor. Na taj način povećan je uzorak za promatranje, a g-faktor studenata iskorišten je za promatranje korelacija s rezultatima postignutima na Lawsonovom testu. No, pogledajmo prvo rezultate prve skupine studenata (apsolvenata).

Na grafikonu 4 nalazi se usporedba postotaka točno riješenih rezultata FCI posttesta 20 testiranih studenata prve skupine, s postotcima točno riješenih zadataka na Lawsonovom testu. Koeficijent korelacije u je r=0,57.



Grafikon 4

Slijedeći grafikon nam prikazuje iste podatke kao i prethodni, jedina razlika je što u ovom grafikonu gledamo rezultate druge skupine studenata. Ovdje je koeficijent korelacije r=0,40.

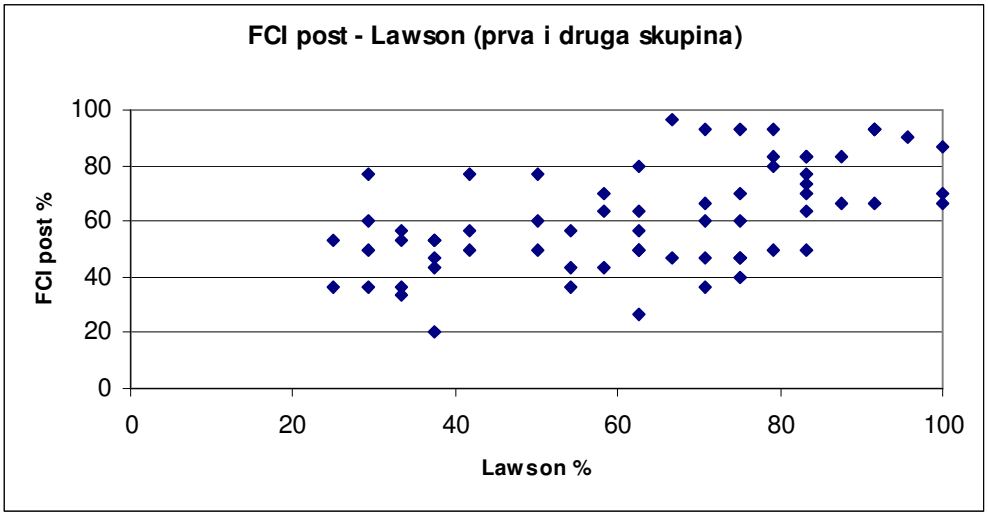


Grafikon 5

U oba slučaja imamo dosta visoke koeficijente korelacije, iako je kod druge skupine korelacija nešto niža. Grafikoni imaju i neke zajedničke

osobine, na primjer vidljivo je iz oba grafikona (u gornjem desnom kutu grafikona) da studenti koji imaju visok broj bodova na Lawsonovom testu također imaju i vrlo visok broj bodova na FCI testu.

Na grafikonu 6 su spojeni rezultati prve skupine studenata s rezultatima druge skupine. Koeficijent korelacije na ovom uzorku je r=0,54.



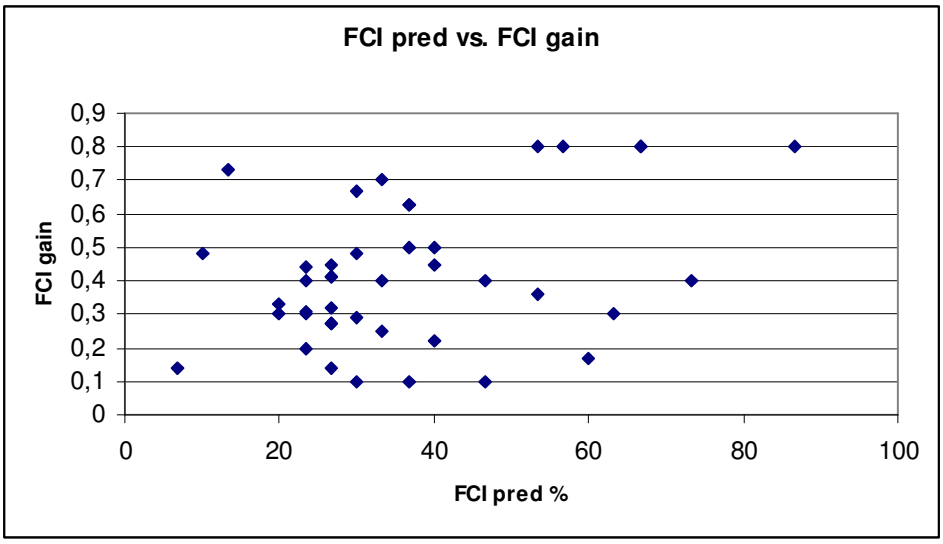
Grafikon 6

Ono što se sada još jasnije vidi, pošto imamo podatke oba testiranja na jednome grafu, je činjenica da većina studenata koji imaju manje od 50% riješenih zadataka na Lawsonovom testu nije uspjelo uspješno riješiti više od 60% FCI testa. Znači oni nisu uspjeli usvojiti neke osnovne koncepte iz mehanike niti nakon odslušanog kolegija mehanike.

Nažalost iz ovih grafikona ne možemo vidjeti kakva je bila razina znanja ovih studenata prije odslušanih kolegija, a to nam je potrebno da bi procijenili napredak pojedinog studenta kroz kolegije na fakultetu. Upravo iz tog razloga koristiti ću se s podacima druge skupine studenata, u kojima postoje i rezultati FCI predtesta, dakle i g-faktora dobivenog iz pred- i postrezultata.

Pogledajmo prije svega rezultate predtesta u odnosu s postignutim g-

faktorima studenata druge skupine (grafikon 7):



Grafikon 7

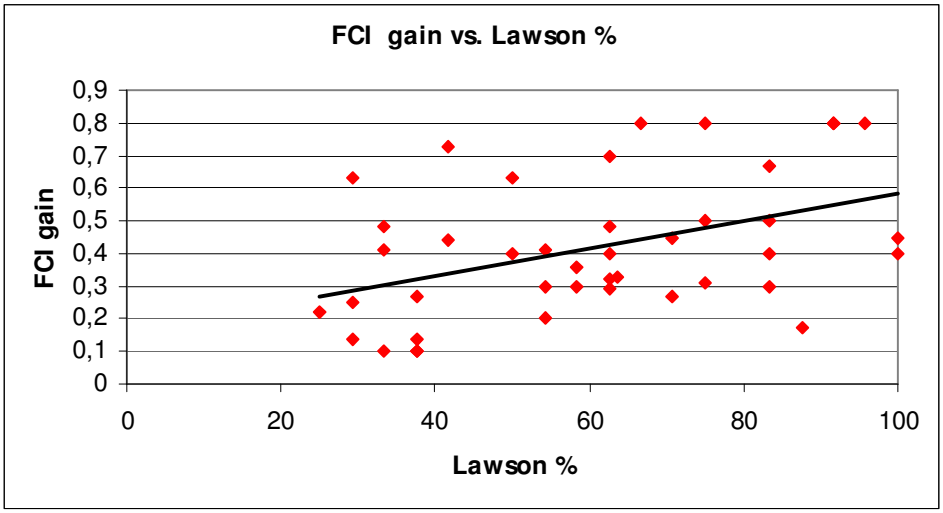
Korelacijski koeficijent r=0,37 na ovom uzorku govori nam da je korelacija slabija od korelacije između FCI posttesta i g-faktora. S grafikona se vidi da od studenata koji su imali loše rezultate na predtestu, neki postignu manji, a neki veći g-faktor, dakle može se reći da postignuti g-faktor ne ovisi o rezultatima predtesta. Možemo se zapitati, zbog čega je korelacija između rezultata na FCI predtestu i postignutog napretka nakon odslušanih predavanja slabija? Da bi odgovorili na ovo pitanje, trebamo uzeti u obzir različitost studenata koji upisuju studij. Neki od njih imaju više, a neki manje predznanja iz srednje škole. No kada student ima loše rezultate na FCI predtestu za to može postojati mnogo razloga: od već spomenutog predznanja iz srednje škole pa sve do njegove razine znanstvenog zaključivanja, tj. stupnja kognitivnog razvoja studenta.

Oni studenti koji zbog slabo razvijenog znanstvenog zaključivanja nisu imali uspjeha u shvaćanju fizikalnih koncepata srednjoj školi, najvjerojatnije neće imati puno uspjeha na tom području niti na fakultetu. Za razliku od njih, studenti koji nisu shvatili neke koncepte u srednjoj školi iz nekih drugih razloga, a imaju razvijene kognitivne sposobnosti znanstvenog zaključivanja, vrlo vjerojatno će nakon odslušanih interaktivnih kolegija na fakultetu postići visoke g-faktore, dakle biti će

jasno vidljiv njihov napredak.

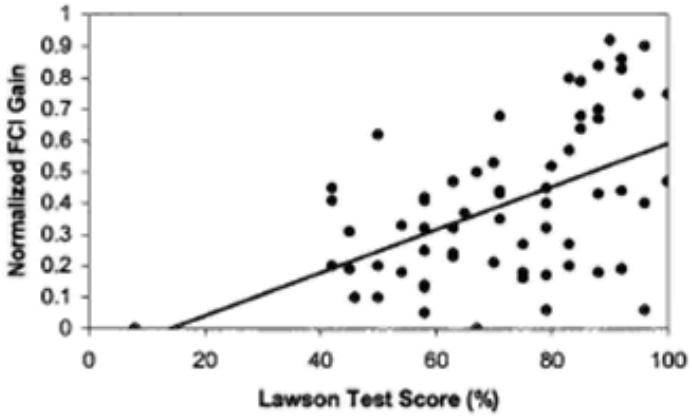
Upravo zbog ove skupine studenata sa slabije razvijenim znanstvenim zaključivanjem dobivamo nešto nižu korelaciju rezultata predtesta s g-faktorom nakon odslušanog predavanja. Znači kada promatramo rezultate FCI testova, moramo imati na umu da među njima postoji sakrivena varijabla koja utječe na g-faktor studenata – razina znanstvenog zaključivanja studenta. Upravo zato je potrebno studentima uz FCI test davati i Lawsonov test znanstvenog zaključivanja, te paralelno promatrati rezultate studenata na oba testa.

Na grafikonu 8 nalazi se usporedba FCI g-faktora s postocima uspješno riješenih zadataka na Lawsonovom testu iste skupine studenata za koju smo promatrali korelaciju predtesta i g-faktora (druge skupine studenata).



Grafikon 8

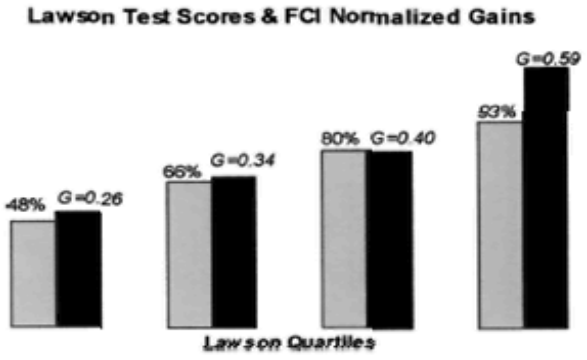
U ovim podacima je korelacija r=0,43. Pogledajmo još rezultate testiranja provedenog na 65 studenata s Loyola Marymount sveučilišta iz SADa (grafikon 9), jer je taj grafikon vrlo sličan grafikonu hrvatskih studenata.



Grafikon 9

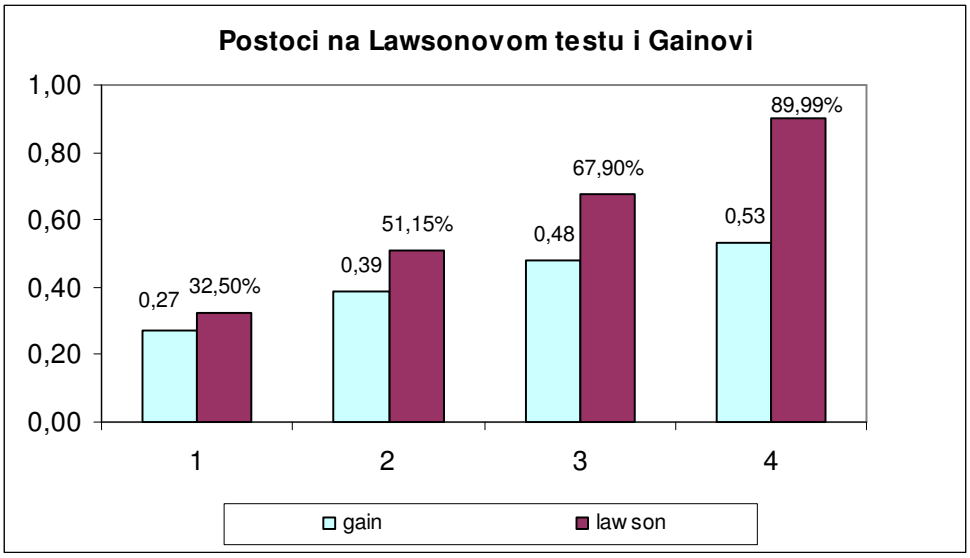
Korelacija je na ovom uzorku je također velika r=0,51. Istraživanje na američkim studentima su proveli profesori Coletta i Phillips (6). Na ovome grafikonu također se može vidjeti još jedna zanimljiva činjenica, a to je manjak korelacije kada rezultati Lawsonovog testa pređu otprilike 70%. To znači da kada rezultat na Lawsonovom testu pređe 70%, znanstveno zaključivanje prestaje biti varijabla koja utječe na g-faktore.

Coletta i Phillips su također ovu skupinu od 65 studenata podijelili u četiri manje skupine prema uspjehu na testovima. Studenti koji su najbolje riješili testove, skupina od najboljih 16, imali su prosjek od 93% na Lawsonovom testu i prosječan g-faktor od 0,59, dok je 16 najlošijih studenata iz ove skupine imalo prosjek 48% na Lawsonovom testu i prosječan g-faktor 0,26 (grafikon 10).



Grafikon 10

Pogledajmo sada grafikon 11, na kojemu se nalazi hrvatska skupina studenata (njih 42.) podijeljena na ovaj način. Kako gledamo skupine redom prema desnoj strani grafikona, jasno se vidi korelacija između Lawsonovog testa i FCI g-faktora.



Grafikon 11

Provjerimo još samo na ovom uzorku hrvatskih studenata, kako se kreću korelacije između g-faktora i Lawsonovog testa s obzirom na granicu od 70% točno riješenih rezultata Lawsonovog testa. Korelacija studenata čiji su rezultati na Lawsonu manji od 70% iznosi r =0,35, dok je korelacija ostalih studenata (Lawson>70%) r =0,24.

Prema grafikonima 10 i 11, možemo zaključiti da u slučaju kada bi imali razred ili skupinu studenata koji su na Lawsonovom testu postigli rezultate manje od 50%, bilo bi razumno očekivati i niske f-faktore. No ako bi razred imao prosjek Lawsonovom testu 90% i više, trebali bi očekivati barem 0,6 ili više.

Svi ovi podaci, prikupljeni na američkim i na hrvatskim studentima upućuju na snažnu korelaciju između znanstvenog zaključivanja i rezultata FCI testova. Ta korelacija slabi jedino kod studenata s iznimno

visokim rezultatom na testu znanstvenog zaključivanja.

Možemo zaključiti da bi bilo puno veće postignuće za nastavnike koji predaju mehaniku prosječan g-faktor od 0.5 u razredu u kojemu su prosječni rezultati Lawsonovog testa ispod 50%, nego postići prosječne g-faktore od 0.7 u razredu u kojemu su rezultati Lawsonovog testa iznad 90%. Ignoriranje znanstvenog zaključivanja studenata pri mjerenju njihovog napretka kroz kolegij jednako je ignoriranju varijable koja ima velik učinak na podatke, te može voditi nastavnike na krive zaključke o učinkovitosti kolegija.

Također je bitno prepoznati Lawsonov test kao sredstvo koje nam omogućuje identifikaciju studenata koji su 'rizičnija' skupina. Ako se vratimo unazad u mome izlaganju i sjetimo se skupine studenata koji su pred diplomom, vidimo da oni studenti iz te skupine koji su imali loše rezultate na Lawsonovom testu, nisu uspjeli napredovati niti nakon svih odslušanih kolegija. Što učiniti s tim studentima? – pitanje je koje danas okupira istraživače.

Istraživanja fizičara Roberta Karplusa nam pokazuju da je možda moguće pomoći rizičnoj skupini studenata. On je osmislio nastavne metode za poboljšavanje razine znanstvenog zaključivanja srednjoškolskih studenata. Svojim metodama je pokazao veliki uspjeh na velikom dijelu svojih studenata.

4. Računalna implementacija testova

Nakon što se nastavnik odluči na davanje nekog od spomenutih testova učenicima ili studentima, on također mora odabrati u kojem obliku će taj test biti. Pri svom odabiru on naravno mora misliti na tehničke mogućnosti fakulteta ili škole u kojoj predaje. Nažalost, najčešće se dešava da su nastavnici prisiljeni davati učenicima testove u papirnatom obliku. Takva vrsta testiranja oduzima puno vremena, kako za ispravak testova, tako i za njihovu analizu.

U današnje vrijeme postoje i drugačiji načini za provođenje testova, čak i same nastave. Visoke tehnološke mogućnosti današnjeg vremena donjele su na tržište mnogo različitih računalnih programa namijenjenih za učenje i podučavanje. Za razliku od tradicionalnih učionica, u kojima se nastava svodila na interakciju pomoću ploče i krede, olovke i papira, te sprava za izradu pokusa, u učionicama današnjeg vremena to nisu jedine mogućnosti. Nastavni je proces moguće preoblikovati uz pomoć računalnih programa s kojima možemo organizirati nastavu, izrađivati nastavne sadržaje, te sadržaje za provjeru uspješnosti usvajanja ispredavanih sadržaja. Uvođenje programskih alata u nastavni proces možemo nazvati *e-učenjem* (eng. e-learning).

Pod pojmom e-učenje podrazumjevaju se nastavni sadržaji i aktivnosti učenja ostvarene uz pomoć računalne tehnologije. Iz toga se može zaključiti da se radi o vrlo općenitom pojmu koji može pokriti cijeli niz realizacija e-učenja. Među njima je web-bazirano učenje, te učenje bazirano na računalu. Pod web-bazirano učenje spadaju spadaju svi oblici e-učenja koji se isporučuju isključivo putem interneta (znači preko World Wide Weba, e-maila, videokonferencija i ostalih internet servisa). Pod učenje bazirano na računalu spadaju materijali za e-učenje koji se nalaze na čvrstim medijima poput CD-a ili DVD-a, tj. svi sadržaji koji se nalaze lokalno na računalu. Također možemo i kombinirati ova dva načina e-učenja.

Računalna tehnologija na kojoj se bazira e-učenje može zamijeniti sve ranije korištene medije u procesu obrazovanja. Tako u svrhu obrazovanja pomoću računala možemo prezentirati tekst, zvučni materijal, statički ili dinamički vizualni materijal, koji može biti snimljen ili prethodno kreiran na računalu. Znanje se može predstavljati u raznim oblicima: u tutorijalima (engl. tutorials) instrukcijskim vodičima - njihovo glavno obilježje je da znanje predstavljaju sistematički i po redu; u simulacijama koje oponašaju stvarnost kako bi rekreirale situacije iz stvarnoga života; u instrukcijskim igrama; te u testovima, tj. sustavima za ocjenjivanje i pohranu rezultata.

Prednosti korištenja tehnologije u nastavi su mnogobrojne. Nastavni sadržaj se puno lakše prezentira, a ukoliko se postavi na internet uvijek je dostupan učenicima. Samo obrazovanje ne mora se nužno odvijati u učionici, svaki učenik može putem interneta pristupiti nastavnom programu, te tako sam diktirati svoj tempo rada (tzv. obrazovanje na daljinu). Gradivo u elektroničkom obliku se puno brže i lakše pretražuje, što omogućuje brže i efikasnije učenje. Učenici se osposobljavaju za rad s informacijskom tehnologijom, koja je u današnje vrijeme nezaobilazna u skoro svakome poslu, ali i u svakodnevnom životu.

Sa razvojem tehnologije razvijaju se naravno i sustavi namijenjeni e-učenju, tzv. sustavi za upravljanje sadržajem učenja – Learning Content Management Systems.

4.1. Sustav za upravljanje učenjem (LMS)

LMS (Learning Management System) je komplet standardiziranih komponenti za učenje, koje su osmišljene tako da povežu učenje s postojećim informatičkim sustavom unutar organizacije ili putem web portala za učenje. Svrha LMS-a je da nekoj ustanovi, poduzeću, razredu ili grupi u kratkom vremenskom roku pruži centralizirano okruženje učenja putem računala koje ne ovisi o geografskom razmještaju pojedinaca,

njihovom predznanju, ulogama u promatranoj instituciji...

Softver koji čini osnovu LMS-a upravlja svim elementima nastave i evidentira sve parametre potrebne za praćenje procesa nastave. Na temelju tih parametara moguće je u svakom trenutku pratiti napredak pojedinca ili grupe, te na kraju edukacijskog procesa pouzdano mjeriti i analizirati njihov učinak.

Korisnik sustavu pristupa sa svojeg računala i uključuje se u proces nastave u vrijeme kada to njemu najviše odgovara, ukoliko je kreator «tečaja» tako definirao nastavni proces. Prema programu nastave odabire modul za učenje i pristupa nastavi (lekciji). Proces je kontroliran i praćen od strane LMS-a. Evidentira se vrijeme pristupa modulu, uspješnost nastavnih koraka, provedeno vrijeme, završni rezultati. Podaci se pohranjuju u bazu podataka i dostupni su za analizu i prezentaciju različitim korisnicima (voditelju projekta, mentoru nastave...). Sustav prati sve polaznike unutar predviđenog vremena, pruža uvid u podatke prijašnjih nastava i iskustva polaznika iz drugih skupina.

U svijetu svaki dan sve više raste broj LMS rješenja koji se po kvaliteti i mogućnostima znatno razlikuju. Na tržištu danas postoji mnoštvo sustava za upravljanje učenjem, neki od njih su komercijalni (npr. vodeći medu komercijalnim sustavima je WebCT, zatim BlackBoard, IntraLearn...), dok su neki besplatni softveri dostupni svima na Internetu (npr. Claroline, Moodle, Ilias...). Pri implementaciji konceptualnih testova, spomenutih u prethodnim poglavljima, koristila sam besplatni LMS Claroline.

4.2. Claroline

Claroline je platforma za e-učenje koja omogućava stotinama organizacija diljem svijeta (sveučilištima, školama, kompanijama, udrugama...) kreiranje i upravljanje tečajevima, te stvaranje prostora za

suradnju kroz web (8). Zasnovan je na besplatnim tehnologijama poput PHP-a i MySQL-a, a kompatibilan je s Linux, Mac i Microsoft Windows operativnim sustavima. Jednostavan je za instalaciju, te je također besplatan za download (u siječnju 2007. zabilježeno preko 150 000 downloada). Naziv Claroline dolazi od «Classroom on line».

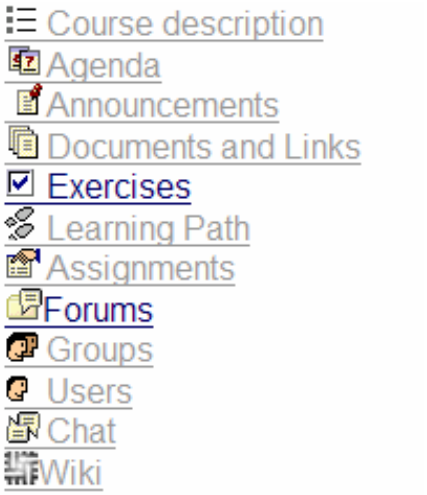


Slika 3. Početni ekran Claroline LMS-a

Projekt Claroline započeo je 2000. godine, inicijalno predstavljen široj javnosti od strane Katoličkog Sveučilišta iz Belgijskog Louvaina (Université catholique de Louvain). Od samog izlaska, pa sve do danas, Claroline je ostao besplatna, OpenSource[1] platforma. Koristi se u preko 80 zemalja i preveden je na 35 jezika. Na drugoj konferenciji Claroline korisnika, održanoj 23. svibnja 2007. na Sveučilištu Vigo u Španjolskoj, osnovan je Claroline Konzorcij, internacionalna neprofitna udruga zadužena za sjedinjavanje Claroline zajednice, koordiniranje razvoja same platforme, te promocije Clarolinea. Osnivači Konzorcija su 5 sveučilišta iz Belgije, Kanade, Španjolske i Čilea.

1 OpenSource je skup principa i uputa kako pisati softver, te "open source" doslovno znači da je sam izvorni kod dostupan korisnicima, koji ga imaju pravo posjedovati i koristiti

Claroline se zasniva na snažnim pedagoškim principima izvedenih iz literature o vrijednostima tehnologije u svrhu obrazovanja, te na praćenju pedagoških potreba i iskustava predavača. Nudi nam intuitivno sučelje za administraciju, a svakodnevno upravljanje platformom od strane registriranih korisnika u različitim dijelovima tečajeva jednostavno je i tečno, te ne zahtijeva dodatna tehnička znanja. Od 2000. g. razvojni timovi Clarolinea su se usredotočili na stabilnost koda i razvoj elemenata u skladu s potrebama korisnika. Nije im bio cilj razvoj velikog broja elemenata, već koncentriranje na nekoliko razrađenih alata, imajući u vidu pedagoški pristup i sučelje ponuđeno korisnicima. Osim navedenog, velika međunarodna zajednica Claroline korisnika i programera u velikoj mjeri pridonose razvoju same platforme.



Slika 4.

Platforma Claroline nudi alate kao što su: opis predmeta (course description), vježbe (exercises), putevi učenja (learning path), zadaci (assignments) i forum. Sa svim alatima koje vidimo na slici 3 profesor može:

- napisati opis tečaja
- objaviti dokumentaciju u bilo kojem formatu (tekst, PDF, HTML, video...)
- upravljati privatnim i javnim forumima

- razvijati smjerove učenja
- kreirati grupe studenata
- pripremiti online vježbe
- upravljati programom rada sa zadacima i rokovima
- objavljivati obavijesti
- podijeliti zadatke koji će biti predani online
- vidjeti statistike aktivnosti korisnika

U Clarolineu također postoji i mogućnost kreiranja modula – nastavnih cjelina, u kojima je prelazak na sljedeću cjelinu uvjetovan prolaskom prethodne (onemogućeno je preskakanje gradiva tj. pristup sljedećoj cjelini bez da je prethodna barem otvorena).

Ono što je nama zanimljivo je mogućnost kreiranja testova. U testu nastavnik može odrediti točno vrijeme trajanja rješavanja testa, količinu bodova po zadatku, tip pitanja (Da/Ne, višestruki odgovor, jedan točan odgovor, povezivanje, popunjavanje), te naravno može pratiti rezultate svojih učenika. Po završetku testa učeniku se može omogućiti pregled vlastitih odgovora i njihovu usporedbu s točnim odgovorima, te broj ostvarenih bodova. Također je moguće ograničiti broj pristupa učenika samome testu, tako da ne bi bilo višestrukog rješavanja istog testa. Test je također zaštićen i od kopiranja. Od svih alata koje posjeduje Claroline, samo unutar Vježbi (Exercises) gdje se nalazi test isključena je funkcionalnost desne tipke miša i na taj način onemogućeno je kopiranje sadržaja (pitanja i pripadnih slika).



Slika 5. Naslov jedne statističke tablice u Clarolineu

Za pohranjivanje svih podataka o korisnicima, statistike i rezultata Claroline koristi bazu podataka. Kako se, između ostalog, u bazi nalaze

pohranjeni i rezultati vježbi ili testova, moguće je te podatke izvesti (eng. data export) i dodatno ih obrađivati u nekim drugim programima. Najčešće je to obrada unutar programa MS Excel. Ondje je moguće podatke dodatno statistički obraditi i grafički ih prikazati. Upravo na ovaj način obrađeni su i rezultati testiranih studenata. Za razliku od standardnog testiranja koje zahtijeva ručnu obradu podataka i samim time više vremena za dobivanje rezultata, ovaj način obrade rezultata testova mnogo je brži i efikasniji.

Zaključak

Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na poteškoće u razumijevanju osnovnih koncepata iz mehanike, koji se javljaju među studentima, unatoč njihovom dugotrajnom učenju. To jasno upućuje na važnost ovakvog testiranja studenata i ukazuje na probleme koje studenti imaju pri razvijanju osobnog načina razmišljanja, a koje bi trebalo biti u skladu sa znanstvenim.

Iako je FCI test sredstvo pomoću kojega nastavnici mogu lako provjeriti kolika je razina konceptualnog razumijevanja njihovih učenika, te njihov napredak nakon odslušanog kolegija, on se ne smije koristiti za procjenu uspješnosti kolegija sam, bez paralelnog korištenja Lawsonovog testa znanstvenog zaključivanja. To nam dokazuju i korelacije primjećene između ta dva testa, u ovom i u mnogim drugim istraživanjima. Te korelacije ne smijemo zanemariti, jer upravo je znanstveno zaključivanje sakrivena varijabla koja utječe na FCI g-faktore. Mogućnost znanstvenog zaključivanja je nezaobilazna pri učenju fizike, upravo zbog toga studenti sa lošijim rezultatima na Lawsonovom testu postižu i slabije FCI g-faktore. Zanemarivanje znanstvenog zaključivanja studenata pri pri mjerenju njihovog napretka kroz kolegij, moglo bi navesti nastavnike na krive zaključke o uspješnosti kolegija.

Naravno, u svojim razmatranjima ne smijemo zaboraviti činjenicu da pozitivna korelacija između FCI i Lawsonovog testa ne pobija rezultate Hakeovog istraživanja (bez interaktivne nastave nema g-faktora većih od 0,3, bez obzira na rezultat Lawsovog testa). Dakle, tradicionalna nastava fizike nije pogodna za razvijanje konceptualnog razumijevenja učenika, te je upravo zbog toga potrebno koristiti interaktivne metode u nastavi fizike.

Primjena Claroline sustava za učenje u ovom diplomskom radu poslužila je da pokaže njegovu efikasnost kod testiranja, iako je to samo

jedan od mnogobrojnih alata koji on sadrži. Claroline sustav za upravljanje učenjem jedan je od alata kojim možemo unaprijediti nastavu, škole, rad nastavnika i način poučavanja. Jednostavnost upotrebe takvog alata čini ga dostupnim i nastavnicima koji nisu računalni stručnjaci, te im omogućuje veće fokusiranje na kvalitetu nastave i nastavnih materijala nego na tehnički dio rada s takvim alatom.

Uspješna nastava fizike jedan je od najkrupnijih izazova pred suvremenim obrazovanjem u svijetu. Uvođenjem interaktivne nastave fizike, zajedno sa prepoznavanjem učeničkih miskoncepcija, omogućujemo učenicima lakšu i kvalitetniju spoznaju. Također, uvođenjem računalne tehnologije u nastavu doprinosimo informatičkom obrazovanju učenika. Svi ovi zahtjevi za unaprjeđenjem nastave fizike možda nisu jednostavni, ali su definitivno investicija u budućnost koja će se višestruko isplatiti.

Reference

1) Krsnik, Rudolf, Učenik i učenje fizike; Što govore rezultati istraživanja, (http://nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Krsnik.pdf)
2) Haullon I. A:, Hestenes D.; Common sense concepts about motion, Am. J. Phys. 53(11), 1056-1065, (1985.)
3) Haullon I. A., Hestenes D.; Interpreting the Force Concept Inventory, Phys. Teach. 33, 502-506, (1995.)
4) Hake, R., Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, Am. J. Phys. 53(11), 1043-1055, (1998.)
5) Planinić, Maja; Najvažniji rezultati edukacijskih istraživanja u fizici (http://www.phy.hr/~maja/PER.htm)
6) Colleta, V. P., Phillips, J. A.; Interpreting FCI Scores: Normalized Gain, Preinstruction Scores, & Scientific Reasoning Ability, Am. J. Phys 73, 1172- 1182, (2005.)
7) Colleta, V. P., Steinert, J. J.; Why You Should Measure Your's Student's Reasoning Ability Before You Give the Force Concept Inventory, Phys. Teach. 45, 235, (2007.)
8) http://www.claroline.net/about-claroline.html
9) http://en.wikipedia.org

Prilog 1

Test znanstvenog zaključivanja

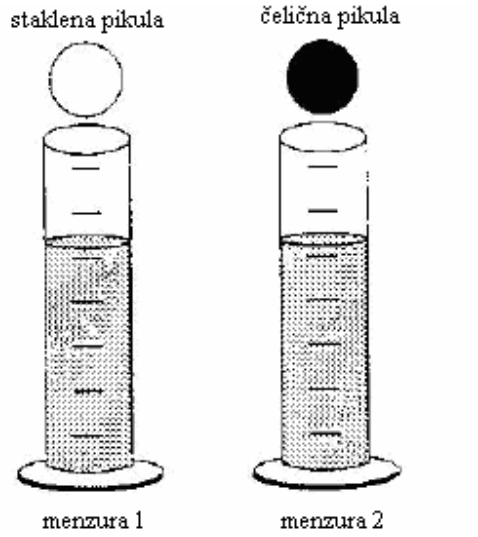
UPUTA: Ovaj test provjerava Vašu sposobnost primjene nekih aspekata znanstvenog i matematičkog zaključivanja pri rješavanju problema. Izaberite i zaokružite samo jedan odgovor u svakom zadatku.Ako ne razumijete potpuno što se traži u nekom zadatku, zamolite nastavnika za pojašnjenje.

1. Pretpostavite da imate dvije kuglice od plastelina, jednakih veličina i oblika. Te dvije kuglice od plastelina su jednakih težina. Jedna kuglica je spljoštena do oblika palačinke.
   Koja od navedenih tvrdnji je točna?

   a) Komad u obliku palačinke je teži od kuglice.
   b) Oba oblika imaju jednake težine.
   c) Kuglica je teža od komada u obliku palačinke.

2. *Razlog:*
   a) Stanjeni komad pokriva veću površinu.
   b) Kuglica više pritišće na jednu točku.
   c) Kad je nešto stanjeno, ono gubi na težini.
   d) Plastelin nije niti dodavan niti oduziman.
   e) Kad je nešto stanjeno, ono dobiva na težini.

3. Na slici su prikazane dvije menzure napunjene vodom do iste visine. Menzure su jednakih veličina i oblika.
   Na slici su također prikazane i dvije pikule, jedna staklena, a druga čelična. Pikule su jednakih veličina, ali je čelična mnogo teža od staklene.



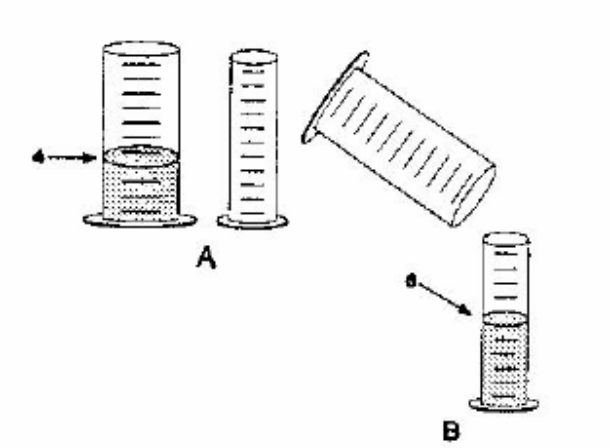
Kada se staklena pikula stavi u menzuru 1, ona potone do dna, i razina vode u menzuri se podigne do šeste crtice. *Ako stavimo čeličnu pikulu u drugu menzuru, voda će se u njoj podići:*

a) do iste razine kao i u menzuri 1
b) do više razine nego u menzuri 1
c) do niže razine nego u menzuri 1

4. *Razlog:*

a) Čelična pikula brže tone.
b) Pikule su napravljene od različitih materijala.
c) Čelična pikula je teža od staklene pikule.
d) Staklena pikula stvara manji pritisak.
e) Pikule su jednakih veličina.

5. Na slici su prikazane uska i široka menzura. Menzure imaju jednako razmaknute oznake na sebi. Voda je ulivena u širu menzuru do četvrte oznake (slika A). Ta voda dolazi do šeste oznake kad se prelije u užu menzuru (slikaB).



Obje menzure se isprazne (nije prikazano na slici) i voda se ulije u širu menzuru do šeste oznake. *Do koje oznake će voda doći kad se prelije u praznu užu menzuru?*

a) do otprilike 8.
b) do otprilike 9.
c) do otprilike 10.
d) do otprilike 12.
e) niti jedan odgovor nije točan

6. *Razlog:*

a) Nemoguće je dati odgovor uz dane podatke.
b) Ako se razina prije podigla za dvije oznake i sada se treba podići za dvije.
c) Razina se podiže za tri oznake u užoj menzuri za svake dvije oznake u široj.
d) Druga menzura je uža.
e) Da bismo odgovorili, trebalo bi preliti vodu i promatrati je.

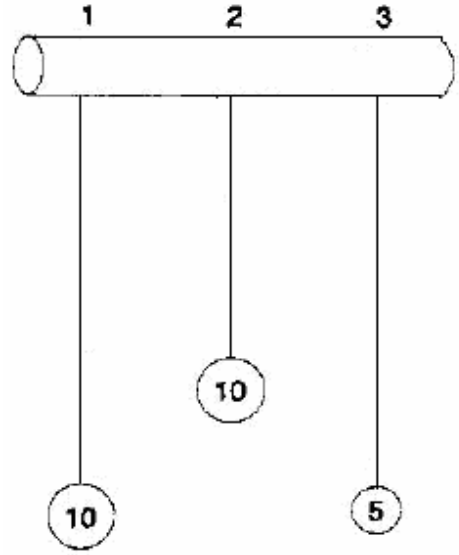
7. Voda se sada ulije u užu menzuru (opisanu u 5. pitanju) do jedanaeste oznake. *Do koje oznake će doći voda, ako se prelije u praznu široku menzuru?*

a) do oko 7 ½
b) do oko 9
c) do oko 8
d) do oko 7 1/3
e) niti jedan odgovor nije točan

8. *Razlog:*

    a) Omjeri moraju ostati isti.
    b) Da bismo odgovorili, trebalo bi preliti vodu i promatrati je.
    c) Nemoguće je odgovoriti uz dane podatke.
    d) Bile su 2 oznake manje prije, pa će i sada biti dvije oznake manje.
    e) Oduzmu se 2 oznake u široj posudi za svake tri u užoj.

9. Na slici su prikazane tri niti koje vise na šipci. Te tri niti na krajevima imaju obješene metalne utege. Nit 1 i nit 3 su jednakih duljina. Nit 2 je kraća. Uteg od 10 jedinica obješen je na kraj niti 1. Uteg od 10 jednica također je obješen i na kraj niti 2. Uteg od 5 jedinica obješen je na kraj niti 3. Niti i obješeni utezi mogu se njihati, a vrijeme njihanja može se izmjeriti.



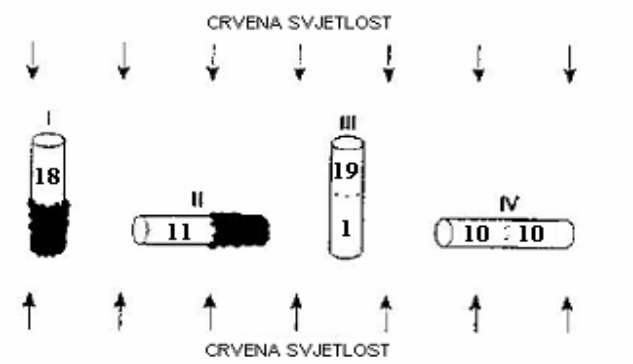
Pretpostavite da želite otkriti kako duljina niti utječe na vrijeme jednog njihaja. *Koje niti biste upotrijebili da to otkrijete?*

    a) Samo jednu nit
    b) Sve tri niti
    c) Niti 2 i 3
    d) Niti 1 i 3
    e) Niti 1 i 2

10. *Razlog:*

a) Moramo koristiti najdužu nit.
b) Trebamo usporediti nit s lakšim i nit s težim utegom.
c) Niti se razlikuju samo po duljini.
d) Trebamo napraviti sve moguće usporedbe.
e) Niti se razlikuju samo po težini utega.

11. Dvadeset vinskih mušica je smješteno u svaku od četiri staklene epruvete. Epruvete su zatvorene na krajevima. Epruvete I i II su djelomično pokrivene crnim papirom, a epruvete III i IV nisu pokrivene. Epruvete su smještene kako prikazuje slika. Izložene su crvenom svjetlu pet minuta. Broj mušica u nepokrivenom dijelu svake epruvete prikazan je na slici.



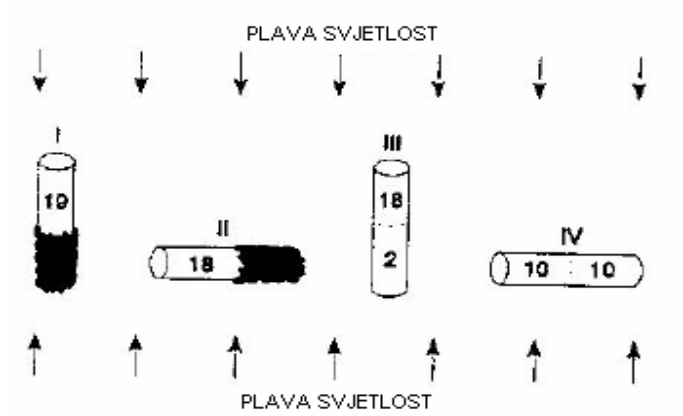
Ovaj eksperiment pokazuje da mušice reagiraju (u smislu da se miču prema ili od navedenog podražaja) na:

a) crveno svjetlo, ali ne na gravitaciju.
b) gravitaciju, ali ne na crveno svjetlo.
c) i na crveno svjetlo, i na gravitaciju.
d) niti na crveno svjetlo, niti na gravitaciju.

12. *Razlog:*

a) Većina mušica se nalazi na gornjem kraju epruvete III, ali su otprilike jednoliko raspoređene u epruveti II.
b) Većina mušica nije otišla prema dnu epruveta I i III.
c) Mušice trebaju svjetlost da bi vidjele i moraju letjeti protivno gravitaciji.
d) Većina mušica je u gornjim dijelovima i osvijetljenim dijelovima epruveta.
e) Nešto mušica ima u oba dijela svake epruvete.

13. U drugom eksperimentu upotrebljena je druga vrsta mušica i plava svjetlost. Rezultati su prikazani na slici.



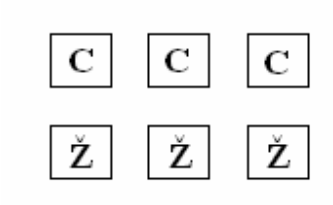
Rezultati pokazuju da mušice reagiraju (u smislu da se miču prema ili od navedenog podražaja) na:

a) plavu svjetlost, ali ne i na gravitaciju.
b) gravitaciju, ali ne na plavu svjetlost.
c) plavu svjetlost i gravitaciju.
d) niti na plavu svjetlost, niti na gravitaciju.

14. *Razlog:*

a) Nešto mušica ima u oba dijela svake epruvete.
b) Mušice trebaju svjetlost da bi vidjele i moraju letjeti suprotno gravitaciji.
c) Mušice su približno ravnomjerno raspoređene u epruveti IV i u gornjem dijelu epruvete III.
d) Većina mušica se nalazi u osvijetljenom dijelu epruvete II, ali ne i u donjim dijelovima epruveta I i III.
e) Većina mušica se nalazi u gornjem dijelu epruvete I i u osvijetljenom dijelu epruvete II.

15. Šest drvenih pločica kvadratnog oblika stavljeno je u platnenu vrećicu i dobro izmiješano. Tih su šest pločica potpuno jednakih veličina i oblika, ali su tri pločice crvene, a tri žute. Pretpostavite da netko (bez gledanja) zavuče ruku u vrećicu i izvuče jednu pločicu. *Kolika je šansa da je izvučena pločica crvena?*

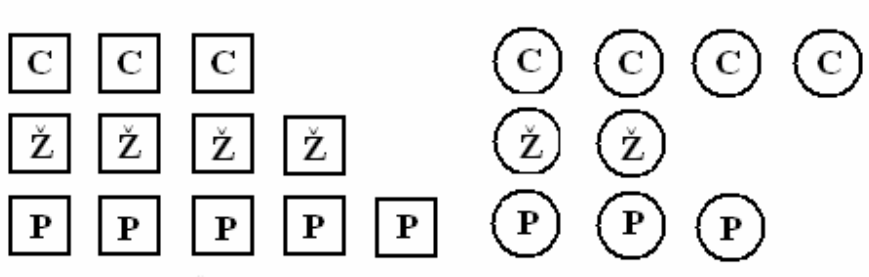


a) 1 od 6
b) 1 od 3
c) 1 od 2
d) 1 od 1
e) ne može se odrediti

16. *Razlog:*

a) Tri od šest pločica su crvene.
b) Nemoguće je odrediti koja će pločica biti izvučena.
c) Izvlači se samo jedna od šest pločica iz vrećice.
d) Svih je šest pločica jednakih veličina i oblika.
e) Može se izvući samo jedna od tri crvene pločice.

17. Tri crvene drvene pločice kvadratnog oblika, četiri žute pločice kvadratnog oblika i pet plavih pločica kvadratnog oblika stavljene su u platnenu vrećicu. Četiri okrugle crvene pločice, dvije okrugle žute pločice i tri okrugle plave pločice također su stavljene u vrećicu. Sve pločice su međusobno izmiješane. Pretpostavite da netko (bez gledanja i bez opipavanja oblika) zavuče ruku u vrećicu i izvuče jednu pločicu.



Kolika je šansa da da je izvučena pločica crvena okrugla ili plava okrugla?

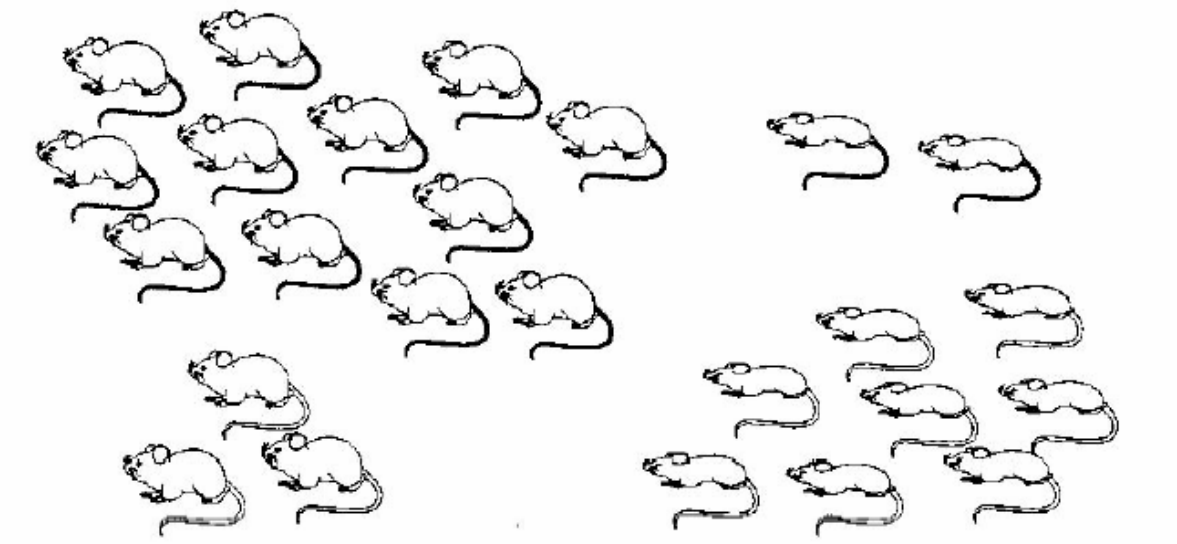
a) ne može se odrediti
b) 1 od 3

c) 1 od 21
d) 15 od 21
e) 1 od 2

18. *Razlog:*

a) Jedan od dva moguća oblika je okrugli oblik.
b) 15 pločica od 21 pločice su crvene ili plave.
c) Nemoguće je odrediti koja će pločica biti izvučena.
d) Samo je jedna od 21 pločice izvučena iz vrećice.
e) Jedna od svake tri pločice je crvena ili plava okrugla pločica.

19. Farmer Brown je promatrao miševe koji žive u njegovom polju. Otkrio je da su svi miševi ili debeli ili mršavi. Također svi imaju ili crni ili bijeli rep. To ga je potaknulo da se zapita postoji li veza između debljine miša i boje njegova repa. Zato je prikupio sve miševe na jedan dio svog polja i promatrao ih. Na slici su svi miševi koje je prikupio.



Mislite li da postoji veza između debljine miša i boje njegova repa?

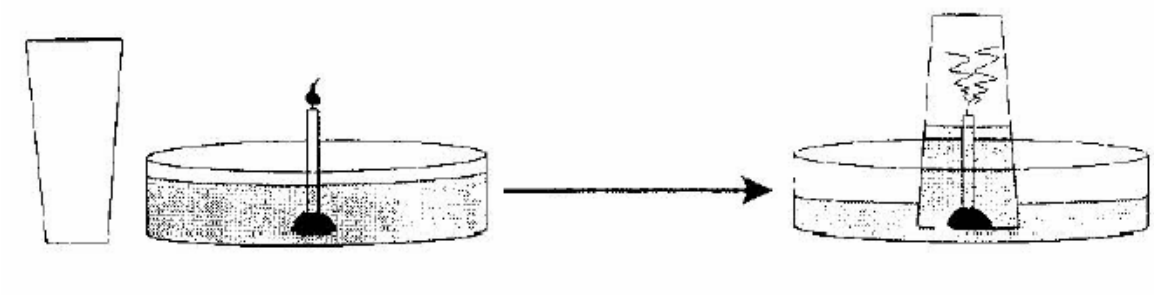
a) Čini se da postoji veza.

b) Čini se da ne postoji veza.
c) Ne mogu procijeniti.

20. *Razlog:*

a) Ima nešto miševa od svake vrste.
b) Mogla bi postojati genetska veza između debljine miša i boje njegova repa.
c) Nije prikupljen dovoljan broj miševa.
d) Većina debelih miševa ima crne repove, dok većina mršavih miševa ima bijele repove.
e) Kako se miševi debljaju, tako njihovi repovi postaju sve tamniji.

21. Donja slika (lijevi dio) prikazuje čašu i goruću svijeću, učvršćenu na malom komadiću plastelina, koja stoji u zdjelici s vodom. Kad se čaša okrene naopako i stavi u vodu preko svijeće, svijeća se brzo ugasi i povisi se nivo vode u čaši (desni dio slike).



Ovo opažanje postavlja zanimljivo pitanje: Zašto se povisi nivo vode u čaši?

Evo mogućeg objašnjenja. Plamen pretvara kisik u ugljični dioksid. Budući da se kisik jako sporo otapa u vodi, a ugljični dioksid brzo, novo nastali ugljični dioksid se brzo otopi u vodi, smanjujući tlak zraka u čaši.

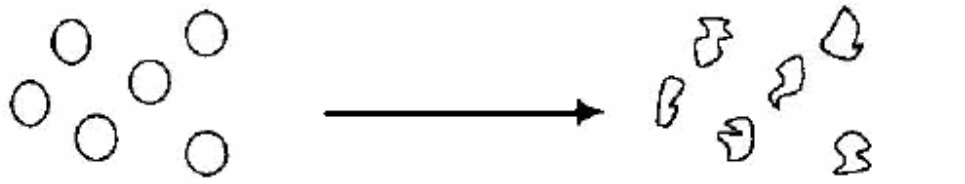
Pretpostavite da imate gore spomenuti pribor plus nekoliko šibica i malo suhog leda (suhi led je smrznuti ugljični dioksid). *Koristeći sav pribor ili dio navedenog pribora, kako biste testirali predloženo moguće objašnjenje?*

a) Zasitili bi vodu ugljičnim dioksidom i ponovili eksperiment, te zabilježili razinu do koje se voda podigla.
b) Nivo vode se povisio zbog toga što se potrošio kisik, pa bi ponovili eksperiment na potpuno jednak način da pokažemo da se nivo vode podigao zbog potrošnje kisika.
c) Proveli bi kontrolirani pokus, mijenjajući samo broj svijeća, da vidimo utječe li to na razinu vode.
d) Usisavanje je odgovorno za podizanje nivoa vode, pa bi stavili balon preko gornje strane otvorenog cilindra i stavili cilindar preko goruće svijeće.
e) Ponovili bi pokus, ali bi provjerili je li kontroliran držeći sve neovisne varijable konstantnima; tada bi izmjerili koliko se voda podigla.

22. *Koji rezultat Vašeg testiranja (spomenutog u 21. zadatku) bi pokazao da je predloženo objašnjenje najvjerojatnije pogrešno?*

a) Voda se podigla do iste visine kao i prije.
b) Voda se podigla do manje visine nego prije.
c) Balon se proširio.
d) Balon je uvučen unutra.

23. Student je stavio kapljicu krvi na mikroskopsko stakalce i promatrao je pod mikroskopom. Kao što možete vidjeti na donjoj slici, povećane crvene krvne stanice izgledaju kao okrugle loptice. Nakon što je dodao par kapljica slane vode na kapljicu krvi, student je primijetio da su stanice izgledale manje.



uvećane crvene krvne stanice

stanice nakon dodavanja slane vode

Ovo opažanje postavlja zanimljivo pitanje: Zašto su crvene krvne stanice postale manje?

Evo dva moguća objašnjenja: I. Ioni soli (Na+ i Cl-) pritišću membrane stanica i zato stanice izgledaju manje. II. Ioni soli privlače

molekule vode, pa molekule vode izlaze iz stanice i stanice se smanjuju.

Da bi testirao ova objašnjenja, student je koristio malo slane vode, vrlo preciznu vagu i nekoliko vodom napunjenih plastičnih vrećica. Pretpostavio je da se plastika ponaša jednako kao i membrane crvenih krvnih stanica. Pokus je uključivao pažljivo vaganje vodom napunjene vrećice, njezino smještanje u slanu otopinu na deset minuta i ponovno vaganje.

Koji rezultat pokusa bi najbolje pokazao da je objašnjenje I najvjerojatnije pogrešno?

a) Vrećica postaje lakša.
b) Vrećica je jednako teška.
c) Vrećica izgleda manja.

24. *Koji rezultat pokusa bi najbolje pokazao da je objašnjenje II najvjerojatnije pogrešno?*

d) Vrećica postaje lakša.
e) Vrećica je jednako teška.
f) Vrećica izgleda manja.