

# Virtualna laboratorijska okruženja u fizici

---

Pavić, Ema

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:709082>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Ema Pavić

# ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKO  
INŽENJERSTVO

Ema Pavić

**Virtualna laboratorijska okruženja u fizici**

**ZAVRŠNI RAD**

Voditelj rada: doc.dr.sc. Iva Movre Šapić

Članovi ispitnog povjerenstva:

doc.dr.sc. Iva Movre Šapić

dr.sc. Andrej Vidak

doc.dr.sc. Vesna Očelić Bulatović

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OPĆI DIO</b> .....	2
<b>2.1 VIRTUALNA STVARNOST</b> .....	2
<b>2.2 VIRTUALNA STVARNOST U OBRAZOVANJU</b> .....	3
<b>2.3 TEHNOLOGIJA</b> .....	5
<b>2.4 VRSTE ISTRAŽIVANJA</b> .....	7
<b>2.5 VIRTUALNI LABORATORJI U FIZICI</b> .....	8
<b>2.6 PREGLED ISTRAŽIVANJA</b> .....	9
<b>3. RASPRAVA</b> .....	19
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	24
<b>5. LITERATURA</b> .....	25

## **SAŽETAK**

Virtualna stvarnost je tehnologija pomoću koje se čovjek, uz korištenje potrebnih uređaja, u potpunosti odvaja od stvarnog svijeta i uranja u nove dimenzije virtualnog svijeta. Otvara nove mogućnosti pomoću kojih čovjek može posjetiti mnoga mjesta bez napuštanja svoga doma ili mogućnost prenošenja teorije u stvarnost. Virtualna stvarnost ima veliki utjecaj na obrazovanje tako što olakšava i približava ljudima teorije koje su bile teško shvatljive. Otvara nove mogućnosti i proširuje znanje.

U ovom radu prikazan je pregled istraživanja koji opisuje primjenu virtualne stvarnosti u obrazovanju iz fizike. Kako virtualna stvarnost utječe na učenike i na koji način pospješuje njihov rast i razvitak. Objašnjavaju se različiti procesi i fenomeni iz područja fizike i kako su oni prikazani pomoću virtualne stvarnosti.

Zaključeno je da virtualna stvarnost ima pozitivan utjecaj na obrazovanje te bi primjena, nakon dodatnog razvoja i usavršavanja, mogla znatno doprinijeti kvaliteti obrazovanja kroz nove metode kojima se olakšava proces učenja.

**Ključne riječi:** virtualna stvarnost, fizika, obrazovanje, istraživanja.

## **SUMMARY**

Virtual reality is a technology by which a person, using the necessary devices, completely separates himself from the real world and immerses himself in new dimensions of the virtual world. It opens up new possibilities by which a person can visit many places without leaving his home or the possibility of transferring theory into reality. Virtual reality has a great impact on education by facilitating and bringing theories that were difficult to understand to people. It opens up new possibilities and expands knowledge.

This paper presents an overview of research that describes the application of virtual reality in education. How does virtual reality affect students and how does it promote their growth and development. Various processes and phenomena from the field of physics are explained and how they are displayed using virtual reality.

It was concluded that virtual reality has a positive impact on education, and its application, after additional development and improvement, could have a very important significance in the development of new methods in education.

**Keywords:** Virtual reality, physics, education, research.

# 1. UVOD

Sve veći napredak tehnologije i modernizacija svijeta omogućili su čovjeku veću mogućnost upoznavanja i otkrivanja činjenica koje su do tada bile teško shvatljive te je omogućena njihova predodžba. Prvi iskorak od konvencionalnog načina predočavanja temelji se na korištenju proširene stvarnosti odnosno umetanja virtualnih elementa u stvarnu okolinu. Napredna tehnologija daljnjim razvojem omogućila je stvaranje potpuno virtualne stvarnosti koja omogućuje prikazivanje i izgradnju nepostojećeg okruženja i time stvara neograničen broj mogućnosti [1]. Virtualna stvarnost omogućuje stvaranje okoline koja oponaša stvarnost korištenjem računalnog oblikovanja upotrebom uređaja koji šalju i primaju informacije (naočale, kacige, rukavice itd.). Uređaji pomoću senzora čitaju pokrete korisnika te prilagođavaju pogled na zaslonu u stvarnom vremenu. To omogućava prolazak korisnika kroz niz virtualnih soba, dok su pokreti i gledišta povezani sa stvarnim pokretima glave i tijela. Osim zabave, virtualna stvarnost često se koristi za praksu različitih zanimanja kao što su astronauti i kirurzi. Veliki napredak pridonijela je u razvoju znanosti i obrazovanja [2].

Posljednjih godina virtualna stvarnost stvorila je nove mogućnosti obrazovnog sustava. Upotrebom nove tehnologije u obrazovanju uvode se nove tehnike i metode koje su uvelike olakšale i poboljšale kvalitetu učenja [3]. Mogućnost vizualizacije i primjene teorije u praksi, olakšalo je shvaćanje i približilo ljudima stvari koje prije nisu mogli vizualizirati. Ovaj način obrazovanja na zabavan i jednostavan način prikazuje bitne činjenice koje je učenicima lakše razumjeti. Na taj način moguće je provesti realističnu vizualizaciju procesa koji se zbog opasnosti u stvarnosti ne bi mogli izvoditi ili eksperimenti koji za svoje izvođenje trebaju skupocjenu opremu.

Veliki napredak u shvaćanju, vizualizaciji i realizaciji nekih procesa u fizici olakšala je virtualna stvarnost. Fizika je znanost koja je i danas ljudima dosta strana i apstraktna zbog fenomena i procesa koje opisuje, a koji ljudima nisu vidljivi okom što otežava njihovo shvaćanje. Pomoću ovih tehnologija moguće je u potpunosti probiti ograničenja i mjerila te vidjeti detalje koji nisu vidljivi golim okom, ali su bitni za razumijevanje cijelog procesa [3]. Na primjer, teško je zamisliti da postoji elektromagnetsko polje i shvatiti što se u njemu događa. Još je teže vizualizirati polja samo uz pretpostavku da su stvarna. Pomoću virtualne stvarnosti elektromagnetska polja se mogu vizualizirati i time olakšati shvaćanje svih procesa koji se tamo događaju [4].

## 2. OPĆI DIO

### 2.1 VIRTUALNA STVARNOST

Virtualna stvarnost je pojam koji označava računalno stvoren virtualni svijet koji omogućava čovjeku, uz korištenje uređaja koji simuliraju okruženje i daju povratnu informaciju u obliku pokreta u virtualnom svijetu, da u potpunosti uroni u novi svijet [5]. Virtualno okruženje je prikazano kao trodimenzionalni svijet koji koristi segmente stvarnog okruženja, kao što su ljudi ili pokreti i geste čovjeka koji koristi virtualnu stvarnost, kako bi čovjek što bolje uronio u virtualno okruženje i u potpunosti se izolirao od stvarnog svijeta [6]. Različiti uređaji i senzori se koriste kako bi što bolje prenijeli sve pokrete i stvorili što stvarnije okruženje. Iluzija koja se stvara, da se čovjek stvarno nalazi u tom okruženju, ostvarena je sensorima pokreta koji kopiraju pokrete i prilagode ih na monitoru u stvarnom vremenu.

Jedna od tehnologija koja najbrže raste i razvija se je upravo virtualna stvarnost. Cilj virtualne stvarnosti je u potpunosti čovjeka izolirati od stvarnog svijeta. Koriste se naočale i različiti uređaji kao što su rukavice ili senzori koji omogućuju da se svim čulima odvojimo od stvarnog svijeta [7].

Ova moderna tehnologija postala je dio naše svakodnevice. Često se koristi za zabavu i omogućuje razgledavanje različitih dijelova svijeta ili stvaranje novih nestvarnih svjetova, a sve se odvija na jednom mjestu. Virtualna stvarnost često se koristi i za videoigre i omogućava čovjeku da se u potpunosti uključi u nju kao da se tamo i nalazi. Osim zabave virtualna stvarnost ima važnu ulogu u znanosti i obrazovanju. Mnoga zanimanja koriste virtualnu stvarnost kako bi što više napredovali i usavršili svoje vještine, a da se stvarna greška zapravo ne dogodi. Jedan od primjera korištenja virtualne stvarnosti je medicina. Pomoću virtualne stvarnosti izvode se i vježbaju različiti zahvati kako bi se što više smanjio rizik od grešaka. Zanimanja koja također koriste virtualnu stvarnost su vojska, astronauti, itd. [5]. Virtualna stvarnost također se može primijeniti u znanosti. Omogućava otkrivanje i objašnjavanje činjenica koje do sada nisu bile shvatljive. Najveći potencijal primjena virtualne stvarnosti ima u obrazovanju. Primjenom virtualne stvarnosti olakšava se razumijevanje, učenje i zanimanje učenika za nastavu. Na zabavan i jednostavan način prenosi se sve znanje koje je potrebno učeniku da usvoji.



Virtualna stvarnost u velikoj mjeri olakšala je neke procese i omogućila bolje razvijanje znanosti i obrazovanja, ali isto tako ima i mane koje pokazuju da ova tehnologija nije još u potpunosti razvijena i proučena. Na početku velika cijena opreme koja je potrebna za kvalitetnu upotrebu virtualne stvarnosti ograničila je mnoge da se upoznaju s njom i otkriju sve njezine mogućnosti. Sada već malo pristupačnija cijena omogućuje da se virtualna stvarnost proširi po različitim dijelovima svijeta, ali još uvijek služi samo za proučavanje i eksperimentiranje. Nedovoljan razvitak virtualne stvarnosti vidljiv je u većini uređaja koji se koriste. Nedovoljna rezolucija i jasnoća slike dovodi do otežanog uranjanja u virtualnu stvarnost [6]. Korištenje naočala za virtualnu stvarnost može dovesti do mučnina i vrtoglavica kod nekih ljudi što je još jedan od nedostataka ove tehnologije [5]. Ova tehnologija nije još uvijek dovoljno istražena i razvijena da bi se u potpunosti mogla uklopiti u svakodnevni život.

## **2.2 VIRTUALNA STVARNOST U OBRAZOVANJU**

Kao što je već prije rečeno razvitak virtualne stvarnosti usmjeren je prema obrazovanju. Kroz zadnjih nekoliko godina virtualna stvarnost otvorila je mnoge mogućnosti i napredak u obrazovnom sustavu. Pomoću virtualne stvarnosti mogu se napraviti značajne promjene u načinu podučavanja i formiranja novih programa koji bi uvelike olakšali razumijevanje i bolje približili učenicima nastavna gradiva. Obrazovni sustav najviše se može poboljšati ako se prate trendovi i iznova modernizira i prilagođava vremenu u kojem živimo. Modernizacijom obrazovnog sustava učenicima se približava i pojednostavljuje gradivo [3]. Osim pojednostavljenja i približavanja gradiva stvara se i bolja povezanost učenika i profesora. Pomoću virtualne stvarnosti profesorima je olakšano objašnjavanje teorije koja je nekada teško shvatljiva. Pomoću virtualne stvarnosti teorija se može prikazati i praktično što pridonosi razumijevanju i shvaćanju svega što se oko nas dešava, npr. objašnjavanje nuklearne fizike [3] ili prikaz i funkcija magnetskog polja [4]. Osim toga, olakšava se komunikacija između profesora i učenika, tako da se nakon primjene teorije u praksi može pokrenuti rasprava o viđenom fenomenu.

Približavanjem, pojednostavljenjem ili zabavom postižu se najbolji rezultati. Učenici na njima zabavan i sada poznat način stvaraju veći interes o novim znanjima i novim mogućnostima koje im nove znanosti nude. Omogućuje se učenicima da zarone u nove dimenzije i otkriju zanimljivosti koje se kriju oko nas, a sve to na zabavan način. Učenje na ovaj način prelazi iz pasivnog u aktivno, što je mnogim ljudima zabavnije i lakše [3]. Virtualna učionica omogućila je dinamičnije učenje gdje profesori i učenici aktivno sudjeluju, komuniciraju i zajedno se razvijaju. Komunikacija između profesora i učenika ključ je obrazovnog sustava i omogućuje bolju povezanost i olakšava proces učenikovog učenja i sazrijevanja.

Fizika je jedna od znanosti koja koristi virtualnu stvarnost u obrazovanju kako bi se što bolje prikazali i objasnili fenomeni i teorije koje riječima nije lako prenositi na učenike. Omogućava podučavanje i učenje teorija koja se ne mogu uočiti u svakodnevnom životu, ali se nalaze svuda oko nas. Učenici se uključuju u virtualni svijet gdje se simuliraju neki fenomeni i vizualizira što se događa oko njih u 3D okruženju. Olakšava se shvaćanje pojmova kao što su elektromagnetsko polje, sile koje se nalaze oko nas i djeluju na naše okruženje, objašnjava nuklearnu fiziku. Na zabavan i siguran način učenici otkrivaju i uče činjenice i teorije koje su se pokušavale otkriti godinama, a njima su prenijete samo u nekoliko sati.

Virtualno okruženje postiže se korištenjem naočala za virtualnu stvarnost. Učenik stavlja na glavu naočale i vidi 360° oko sebe virtualno okruženje [8]. Njegovi pokreti i ljudi oko njega također su vidljivi u virtualnom okruženju. Učenik se slobodno kreće po učionici i može interaktivno sudjelovati u svim predavanjima ili eksperimentima koji se događaju. Jedan primjer virtualne učionice prikazan je na slici 1. U virtualnim laboratorijima omogućuje se izvođenje eksperimenata i procesa koji se u stvarnom svijetu u školi ne bi mogli izvoditi zbog primjerice previsoke cijene opreme koji ti pokusi i eksperimenti zahtijevaju. Prednost virtualnih laboratorija je i u tome što učenici nisu izloženi opasnostima koje se mogu dogoditi prilikom nekih eksperimenata. I ako se dogodi greška u virtualnom laboratoriju to neće utjecati na sigurnost učenika, zbog čega se još više potiče uvođenje virtualnih laboratorija u obrazovanje [3].



*Slika 1* Prikaz virtualne učionice [8]

## 2.3 TEHNOLOGIJA

Kako bi čovjek što bolje uronio u virtualni svijet koriste se uređaju koji mu u tome pomažu. Uređaji koji se koriste imaju senzore koji detektiraju pokrete i prenose ih u virtualno okruženje. Mogu se nositi na tijelu ili mogu biti odvojeni od korisnika. Energija koja je dobivena pokretom ruke korisnika ili nekog drugog podražaja pretvara se u električni signal te se dovodi u računalo i izaziva isti pokret, na taj način postiže se stvarno okruženje [7].

Kada razmišljamo o virtualnoj stvarnosti glavna asocijacija su naočale koje se stavljaju na glavu i prekrivaju oči. To je jedan od najčešćih uređaja korištenih u virtualnoj stvarnosti. Na tržištu postoje mnoge vrste naočala (HMD-engl. head mounted devices) razvijenih od različitih proizvođača (tablica 1). Naočale su ili povezane preko računala ili se koristi mobitel kako bi dobili 3D prikaz virtualnog okruženja. Omogućuje se veliko vidno polje te se okruženje pomiče okretanjem glave. Za praćenje pokreta glave i oka mogu se uključiti žiroskopi, strukturirani svjetlosni sustavi, magnetometar ili akcelerometar [5]. Osim praćenja pokreta bitan segment je i jasna i razlučiva slika koja ovisi o kvaliteti kamere, te osigurati pokrete u stvarnom vremenu, bez kašnjenja, kako bi cijelo okruženje bilo što stvarnije i kako bi čovjek što lakše uronio u virtualno okruženje.

**Tablica 1** Usporedba uređaja korištenih u virtualnoj stvarnosti [7].

UREĐAJ	IZVOR	PRIBLIŽNA CIJENA	PRAĆENJE PODRAŽAJA	KONTROLER
GOOGLE CARDBOARD	mobitel	20-30\$	nema	jedan gumb
HOMIDO	mobitel	70\$	nema	nema
ZEISS VR ONE	mobitel	120\$	nema	nema
GEAR VR	mobitel	99\$	nema	dodirna ploča
PLAYSTATION VR	konzola PS5	400\$	kamera i senzori	upravljač i pokret
OCULUS RIFT	računalo ili konzola	600\$	kamera	kontroler pokreta
HTC VIVE	računalo	800\$	senzori	kontroler pokreta

Postoji veliki broj uređaja koji se koriste u virtualnoj stvarnosti uključujući i računala, pametne telefone i različite nove uređaje koji su osmišljeni baš u ovu svrhu. Osim naočala koje se koriste u većini slučajeva postoje uređaji kao što su slušalice, podatkovne rukavice, odijela za praćenje pokreta, trake za trčanje i platforme za kretanje i razni drugi uređaji koji će omogućiti potpuno uranjanje u virtualni svijet [7]. Na slici 2 prikazani su primjeri naočala koje se koriste u virtualnoj stvarnosti. Lijevo se prikazane Google cardboard naočale, jedne od prvih naočala za virtualnu stvarnost te pri pristupačnijoj cijeni, no za njih je potrebna posebna aplikacija na mobilnom uređaju koji se stavlja u naočale i na taj način se vidi slika. S desne strane prikazane su naočale koje u sebi već imaju integriranu sliku te se jedino treba povezati na računalo.



*Slika 2* Naočale za virtualnu stvarnost [7]

## 2.4 VRSTE ISTRAŽIVANJA

Virtualna stvarnost još uvijek je u razvoju te se provode različita istraživanja kako bi se vidjelo kako virtualna stvarnost utječe na ljude. Želi se vidjeti reakcija ljudi na novu tehnologiju i isplati li se uopće nastavak razvijanja ove tehnologije. Provedena su mnoga istraživanja tijekom kojih se ispitivao veliki broj ljudi različitih dobi, zanimanja, obrazovnog statusa. Osim što se prikupljala povratna informacija ljudi kako im se sviđa virtualna stvarnost, istraženo je također kakav utjecaj ima na čovjeka. Gledalo se ponašanje ljudi pa čak i istraživao cijeli odgovor tijela na korištenje virtualne stvarnosti.

Također, sve veći broj istraživanja usmjerava se na korištenje virtualne stvarnosti u obrazovanju te kako nove tehnologije koje se razvijaju pomažu tijekom učenja [8]. Ispitivali su se učenici i studenti te se pratio njihov napredak u učenju i na kraju tražilo njihovo mišljenje, koji način učenja im je bolji. Virtualna stvarnost testirana je i na slučajnim prolaznicima na različitim festivalima i tražena je njihova povratna informacija, njihovi doživljaji i da li bi voljeli koristiti virtualnu stvarnost u svojem svakodnevnom životu [9]. Također testirano je i u znanosti i različitim zanimanjima. Kako virtualna stvarnost može pomoći i koje su koristi od nje.

## 2.5 VIRTUALNI LABORATORIJI U FIZICI

Postoje različite vrste virtualne stvarnosti no u ovom radu napravljen je pregled istraživanja virtualne stvarnosti pomoću virtualnih naočala, odnosno potpuno uranjanje u virtualno okruženje. Cilj ovog rada bio je dobiti prikaz razvoja aplikacija virtualne stvarnosti koje predstavljaju virtualna laboratorijska okruženja u fizici. Napravljen je pregled znanstvene literature objavljene u bazama SCOPUS i ERIC u razdoblju od 2018.-2021. godine s ključnim riječima virtualna stvarnost. Pronađena su 16472 rada u kojima se u sljedećem koraku čitanjem naslova i sažetka tražilo radove vezane uz fiziku. Pronašlo se 17 radova iz kojih se čitanjem cijelog rada izdvojilo 9 radova koji opisuju primjenu virtualne stvarnosti u podučavanju fizike. U izdvojenim radovima cilj nam je bio pronaći odgovore na dva pitanja.

- Od čega se sastoji virtualna stvarnost u pojedinačnim člancima i koje su istraživačke metode korištene u istraživanjima virtualne stvarnosti?
- Koje su specifične prednosti i nedostaci korištenja virtualne stvarnosti u nastavi o temama iz fizike?

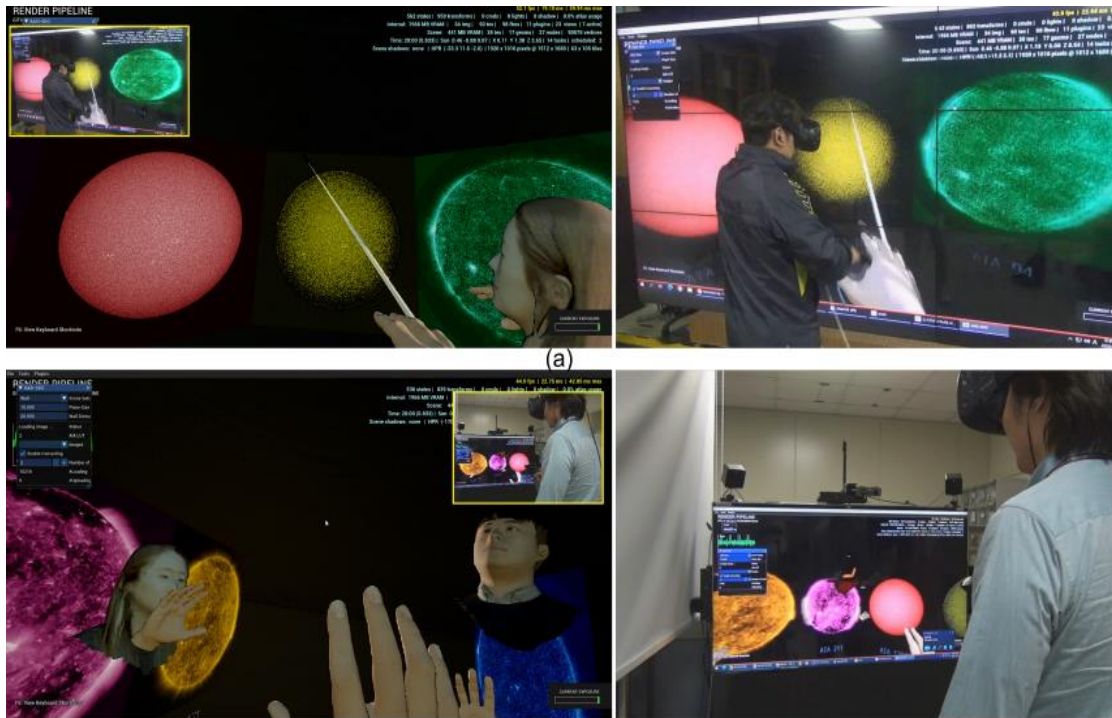
U radovima su provedena istraživanja kako te nove aplikacije virtualne stvarnosti utječu na razumijevanje tumačenih fenomena. Većina istraživanja provedena je na studentima i učenicima, te je uzeto u obzir godina objave istraživanja, država u kojoj se istraživanje odvija, na koji način je istraživanje provedeno te na kraju koji je zaključak istraživanja. Istraživanja su uglavnom provedena tako što su se uzele grupe učenika te je dio radio normalnom nastavom, dok se dio koristio virtualnom stvarnosti. Na kraju su prikupljene sve informacije na temelju anketa i testova prije i poslije istraživanja. U nastavku slijedi kratki pregled istraživanja koja su provedena za virtualnu stvarnost.

## 2.6 PREGLED ISTRAŽIVANJA

U ovom odlomku dan je pregled provedenih istraživanja. Istraživalo se kako virtualna stvarnost utječe na podučavanja fizike. Hoće li virtualna stvarnost pomoći u boljem razumijevanju fenomena i procesa objašnjenih u fizici. Većina ispitivanja provedena je na studentima i učenicima, ali također gledao se utjecaj i na posjetitelje znanstvenih sajмова pa čak i zabavnog parka. U svim istraživanjima koristile su se naočale za virtualnu stvarnost kako bi što bolje uronili u virtualno okruženje.

- **OPSERVATORIJ SOLARNE DINAMIKE**

U ovom istraživanju prikazano je kako virtualna stvarnost omogućuje da ljudi na velikim udaljenostima doživljavaju i prate u realnom vremenu opažanja sa Solarnog Dinamičkog Opservatorija (SDO-Solar Dynamic Observatory) putem streaminga [10]. Što je zapravo solarni dinamički opservatorij? Pomoću njega možemo vidjeti kako Sunce utječe na Zemlju, predviđati što će se desiti djelovanjem Sunca na Zemlju ili kako će se djelovanjem Sunca generirati i strukturirati magnetsko polje [11]. Ljude je oduvijek zanimalo što se događa oko nas, oduvijek su htjeli istraživati Svemir i kakav utjecaj on ima na Zemlju. Virtualna stvarnost pripomogla je u ostvarivanju tog cilja, jer uz pomoć virtualnih naočala čovjek u potpunost može uroniti u virtualno okruženje. Ispitivano je 20 sudionika dobi između 24 i 54 godine. Svaki sudionik na početku ispunio je upitnik s pitanjima i dani su im uređaji za virtualnu stvarnost. Koristili su virtualne naočale pomoću kojih su vidjeli sva dešavanja koja Solarni dinamički opservatorij bilježi, zatim slušalice pomoću kojih su slušali stručnu osobu koja objašnjava što se događa u Svemiru. Također koristili su i upravljač pomoću kojeg su se kretali i koji im je omogućio uključivanje i postavljanje pitanja. Kako je izgledalo ovo istraživanje prikazano je na slici 3. Na kraju istraživanja svaki sudionik ispunio je upitnik o tome kako im se svidio ovaj način obrazovanja te kako su se osjećali tijekom njega. Iz dobivenih rezultata sudionici su se složili da je ovaj način učenja uvelike koristan i da potiče bolju komunikaciju i aktivnost sudionika. [10]



*Slika 3* Istraživanje Solarnog dinamičkog opservatorija pomoću virtualne stvarnosti.

[10]

- CAPTAIN EINSTEIN

Virtualna stvarnost omogućava ljudima da dožive nemoguće stvari. Upravo u ovom istraživanju pomoću virtualne stvarnosti omogućeno je ljudima da dožive svijet s malom brzinom svjetlosti [9]. Istraživanje je provedeno na velikom broju ljudi na različitim festivalima u Belgiji i Nizozemskoj. Korišten je pravi kajak u koji su ljudi sjeli i dobili virtualne naočale. Prikazivao im se film Kapetan Einstein u kojem su ljudi sjedeći u kanuu razgledavali Grad. Jedina razlika od stvarnog svijeta je bila manja brzina svjetlosti. Kako je prikaz virtualnog okruženja izgledao prikazano je na slici 4. Na kraju se tražilo mišljenje i doživljaji sudionika te da li bi oni koristili virtualnu stvarnost. Reakcije i doživljaj bili su vrlo pozitivni i većini se ljudi nova tehnologija svidjela. Isto tako ovaj film prikazan je i studentima na sveučilištu tijekom nastave fizike. Pomoću njega na lakši način objasnili su se različiti relativistički efekti kao što su dilatacija vremena, Dopplerov efekt, kontrakcija duljine, itd. Ovi efekti pojavili su se tijekom putovanja brodom te su se objasnili pomoću trodimenzionalnog virtualnog okruženja. Ovaj film omogućio je



izravno iskustvo posebne teorije relativnosti. Iz dobivenih rezultata zaključeno je da virtualna stvarnost jako pomaže u obrazovanju i da je jedna od boljih metoda pomoću koje se mogu objasniti efekti koje je teško razumjeti. [9]



(a)



(b)

**Slika 4** (a) Prikaz stvarne slike grada (normalna brzina svjetlosti), (b) Slika grada u filmu Captain Einstein (manja brzina svjetlosti). [9]

- SLOBODNI PAD

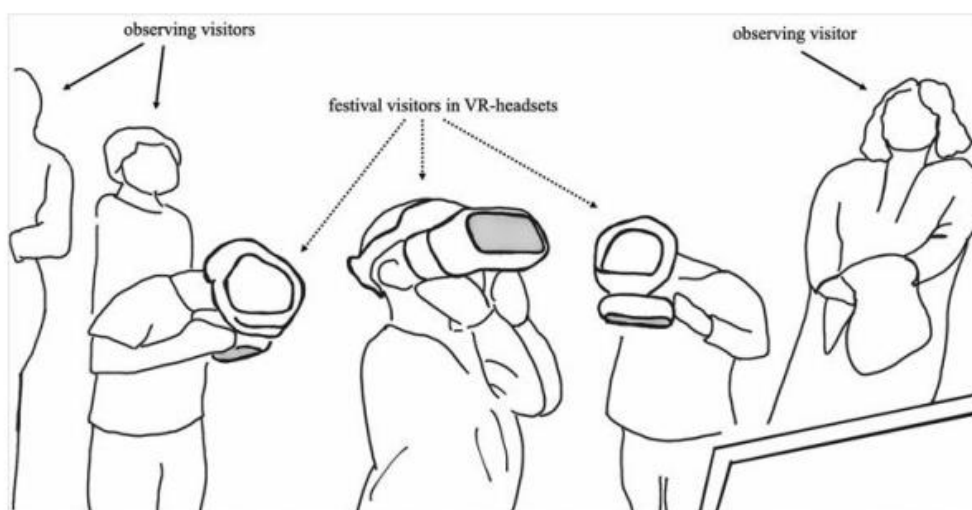
Svi vole zabavne parkove i različite vlakove smrti, no kako oni zapravo funkcioniraju. U ovom istraživanju odgovoreno je na to pitanje na primjeru padajućeg tornja. Padajući tornjevi omogućuju doživljaj slobodnog pada, pitanje je kako se oni zaustavljaju i koje sile djeluju na njega. Nakon što vas toranj povuče na vrh i nakon nekog vremena naglo spusti osjeti se nekoliko poskoka na komprimiranom zraku. Također postoje sile koje djeluju kako bi se popeli sve do vrha tornja. Upravo kako bi razumjeli ovu vožnju koristila se virtualna stvarnost. Snimio se video jedne vožnje te su se na njega računalno ucrtale sve sile koje djeluju na „putnika“ tijekom slobodnog pada. Na idućoj vožnji svim sudionicima dane su virtualne naočale i omogućilo doživljavanje vožnje iz potpuno novog gledišta. Sada su prikazane sile i način na koji ovaj toranj funkcionira. Ovo je uveliko pridonijelo razumijevanju i u jednu ruku zanimanju što se zapravo događa oko nas. Kako se sile oko nas djeluju i kako se na njih može utjecati. Vožnja slobodnim padom snimljena je u zabavnom parku u Danskoj te je također poslužila i u školi za edukativne svrhe i učenje fizike. [12] Slika 5 prikazuje sliku sila koji su prikazane pomoću virtualne stvarnosti.



**Slika 5** Slike padajućeg tornja s ucrtanim silama koje na njega djeluju. [12]

- ŽIVJELA ZNANOST!

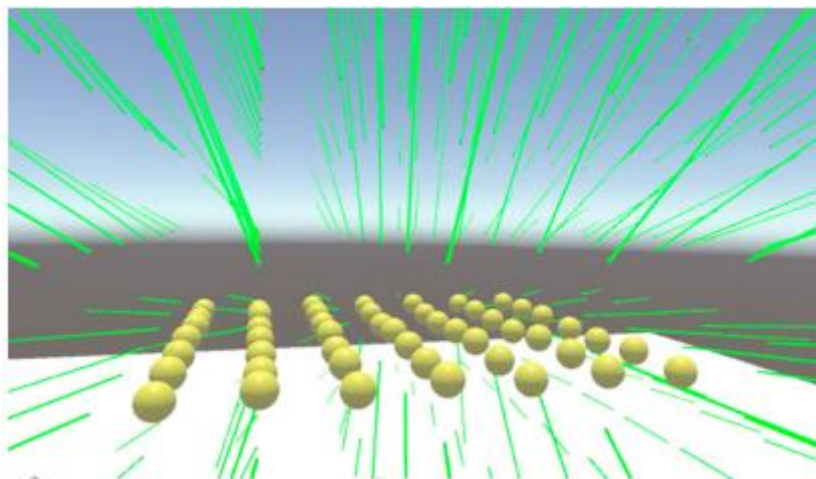
Znanstveni festivali najbolje su mjesto za ispitivanje novih tehnologija. Upravo se na jednom astrofizičkom sajmu znanosti ispitalo mišljenje ljudi na virtualnu stvarnost. Ciljani sudionici bili su obitelji kako bi se dobio što veći raspon godišta i dobivanje različitih mišljenja. Pomoću virtualnih naočala sudionici mogli su doživjeti i vidjeti različite procese i fenomene koji se događaju na području astrofizike. Istraživanje su vodili stručnjaci za astronomiju gravitacijskih valova koji su sudionicima približili kako izgledaju planeti u Sunčevom sustavu ili raspon veličina kozmičkih objekata. Tijekom ovog istraživanja kod ljudi su se pratile geste lica, suradnja, uranjanje i vizualizacija. Na te načine promatralo se kako virtualna stvarnost utječe na ljude i ima li je smisla nastaviti razvijati. Rezultati doživljaja virtualne stvarnosti dobiveni su i pomoću kratkog upitnika na kojem su bila postavljena pitanja vezana uz iskustvo. Naravno postojali su i ljudi kojima se virtualna stvarnost nije sviđela ili su samo radije promatrali, no većina ljudi bila je oduševljena načinom na koji virtualna stvarnost funkcionira te su sa zadovoljstvom isprobali kako funkcionira (slika 6). Dobiveni rezultati bili su pozitivni i zaključeno je da virtualna stvarnost pozitivno utječe na čovjeka i njegov razvoj. [13]



**Slika 6** Slika prikazuje ljude koji se koriste virtualnim naočalima i ljude koje ih promatraju. [13]

- ELEKTROMAGNETSKO POLJE

Kako povjerovati da se oko nas kreću male čestice koje djeluju jedna na drugu i time stvaraju neke sile koje djeluju na nas. Virtualna stvarnost omogućila je vizualizaciju elektromagnetskog polja [4]. Cilj ovog istraživanja je olakšati shvaćanje teško zamislivih činjenica iz teorije. U trodimenzionalnom prostoru vizualizirano je električno polje za dvije situacije: za statičku raspodjelu točkastih naboja (gdje korisnik sam razmješta naboje) i električno polje naboja u gibanju gdje je dodan i prikaz magnetskog polja. Putanju naboja u gibanju definira korisnik svojim pokretima, a prikazuje se odgovarajuća promjena električnog i magnetskog polja. U statičkoj vizualizaciji prikazane su male nabijene sferične čestice u kojima se električno polje prikazuje kao vektorska strelica. Na ovaj način studenti mogu vidjeti kako se kugle slažu jedna do druge i uzrokuju da električno polje postane sve ujednačenije kako se sfere dodaju u ravninu (Slika 7). Malo veći problem nastaje prilikom prikazivanja polja radijacije koja nastaju ubrzavanjem naboja. Teško je natjerati naboj da se dovoljno ubrza kako bi stvorio radijacijsko polje. Potrebno bi bilo jako veliko polje kako bi se dobili zadovoljavajući rezultati i zbog toga je otežano prikazivanje u učionici pomoću virtualne stvarnosti. Smatra se da je napravljen veliki napredak samo u prikazivanju elektromagnetskog polja koji je učenicima u nastavi uvijek stvarao problem zbog nemogućnosti vizualizacije i shvaćanja što se događa u njemu.[4]



**Slika 7** Slaganje nabijenih kuglica u ravninu kako bi se stabiliziralo elektromagnetsko polje. [4]

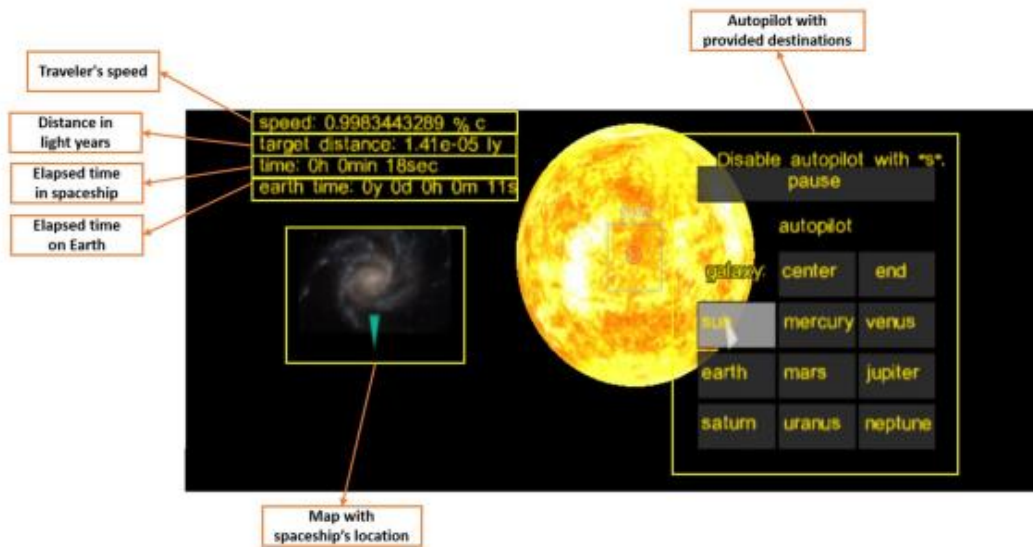
- NUKLEARNA FIZIKA

Pokazalo se kako se neki eksperimenti, koji za njihovo izvođenje zahtijevaju skupo opremljen laboratoriji i kako si većina škola i fakulteta to ne mogu omogućiti, mogu lako prikazati pomoću virtualne stvarnosti. Studenti korištenjem virtualnih naočala i kontrolera mogu upravljati i gledati sva dešavanja u virtualnom laboratoriju. Prikazan je pokus određivanja mase deuterija pomoću virtualne stvarnosti. Mjeri se energija gama zračenja koja se emitira nakon što vodikova jezgra primi neutron. Kako to utječe na masu te kako se sada atom ponaša. Kako bi se ispitala učinkovitost virtualne stvarnosti uzete su dvije grupe studenata. Jedna grupa radila je normalnom nastavom dok je druga grupa radila pomoću virtualne stvarnosti. Zaključilo se da virtualna stvarnost pomaže studentima i učenicima u nastavi, smatra se da bi se nastava trebala odvijati kombinirano tako što se izvodi i normalno i pomoću virtualne stvarnosti. Jer se svakim načinom razvijaju drugačije vještine. [3]

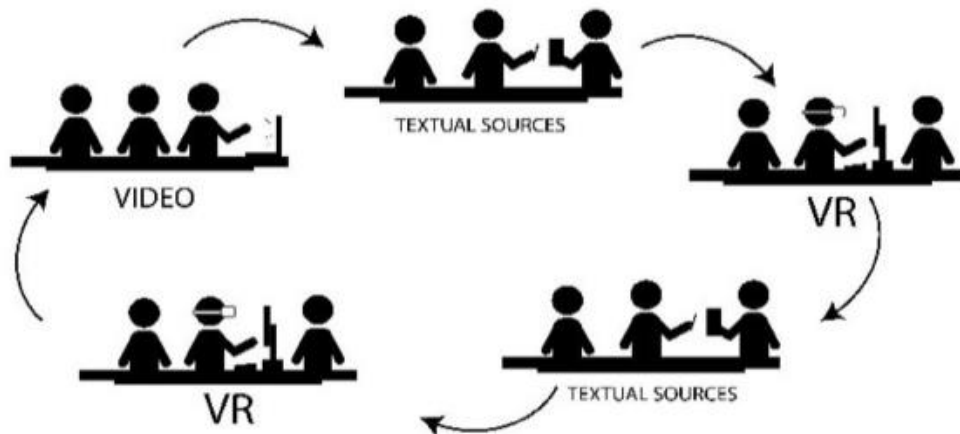
- TEORIJA RELATIVNOSTI

Ovim istraživanjem htjelo se vidjeti kako virtualna stvarnost utječe na razumijevanje teorije relativnosti, tj. Lorentzovih transformacija: na kontrakciju duljine i dilataciju vremena. Istraživanje je provedeno na ukupno 109 učenika srednjoškolskog obrazovanja. Učenici su podijeljeni u manje skupine, istraživanje je provedeno kroz pet stanica u kojem se na različite načine učenici imali zadatak da od Zemlje pomoću letjelice dođu do Sunca. Morali su paziti na brzinu letjelice, kolika je udaljenost, vrijeme na Zemlji i na Suncu. Prikaz zaslona tijekom korištenja virtualne stvarnosti prikazano je slikom 8. Osim virtualne stvarnosti koristila se prezentacija/video koji je objašnjavao njihov zadatak i na kraju tekstualnim putem morali su doći do zaključka (Slika 9). Nakon svake stanice rješavali su ispite kako bi se procijenilo koliko je bilo korisno predavanje koje su prošli. Također svi učenici rješavali su testove i prije pristupanja testiranju. Istraživanje je pokazalo da ovakav istraživački način učenja koji je uključio i virtualnu stvarnost pomaže u boljem razumijevanju koncepata. Ali dijelu učenika je ograničeno vrijeme za izvršavanje pojedinih zadataka predstavljalo stres, kao i potreba za refleksijom u svakom

zadatku. Dijelom je bilo i očekivano jer su koncepti u teoriji relativnosti zahtjevni, pogotovo za srednjoškolce. [14]



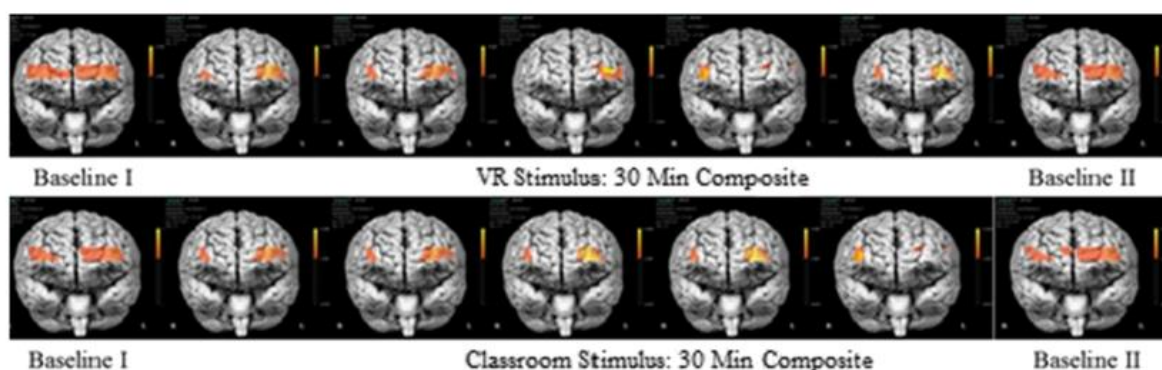
Slika 8 Prikaz zaslona virtualnih naočala. [14]



Slika 9 Način na koji je provedeno istraživanje. [14]

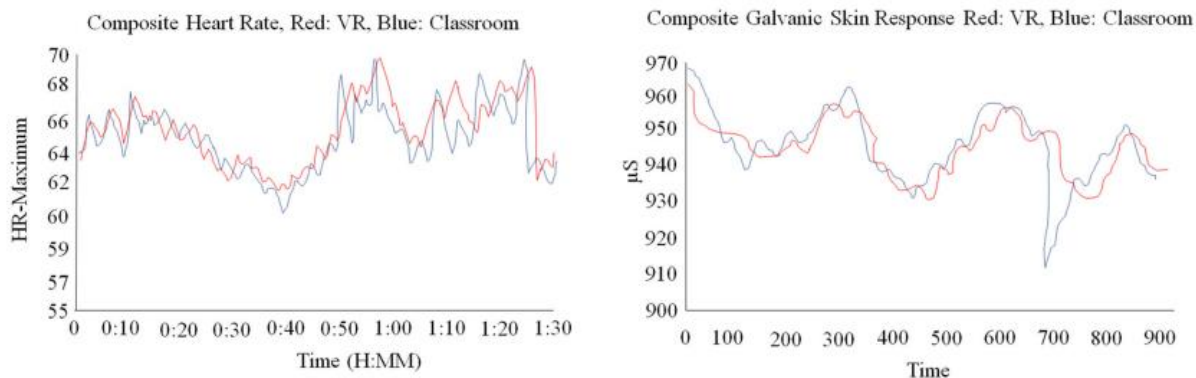
- UTJECAJ VIRTUALNE STVARNOSTI NA ČOVJEKOVO PSIHOLOŠKO STANJE

U ovom radu istraživalo se kako virtualno okruženje, tj. učionica u virtualnoj stvarnosti utječe na buduće nastavnike fizike. Istraživanje je provedeno na skupini studenata nastavnog smjera fizike na jednom sveučilištu. Nakon testova kako bi se procijenilo njihovo psihičko i fizičko stanje provedeno je istraživanje. Istraživanje se provodilo tako što su studenti bili podijeljeni u dvije skupine, skupina koja je održala klasičnu nastavu, u realnoj učionici s učenicima i studenti koji su koristili održali predavanje u virtualnoj učionici. Obje grupe održale su sat ne temu tvari i energije. Koristile su se virtualne naočale i spektrometar koji je snimao njegovu neurološku sliku. Prvi dio odnosio se na edukaciju i upute profesorima kako funkcioniра te kako bi trebalo izgledati predavanje. Drugi dio odnosio se na edukaciju i upoznavanje učenika te na kraju provođenje nastave pomoću virtualne stvarnosti. Na kraju istraživanja dobiveni rezultati slike neurološkog stanja prikazuju da su tijekom oba načina učenja pokrenuti isti dijelovi te na skoro identičan način obje vrste podučavanja utječu na nastavnike (slika 10). Odnosno ljudi doživljavaju virtualnu stvarnost kao stvarni svijet. Također uspoređivali su se i otkucaji srca te podražaji na koži i također dobili identični rezultati (slika 11). Zaključuje se da virtualna stvarnost i normalan način obrazovanja daju dosta slične rezultate te skoro isto djeluju na čovjeka. Prednost virtualne stvarnosti je što pruža mogućnost budućim nastavnicima vježbanje izlaganja gradiva i odnosa s učenicima prije ulaska u stvarnu učionicu i među stvarne učenike. [8]



*Slika 10* Neurološke slike poslije 10 min [8].





*Slika 11* Otkucaji srca i podražaj kože (crvene linije virtualna stvarnost, plave linije stvarni život) [8].

- ASTRONOMIJA

U Peruu se osnovni pojmovi iz astronomije podučavaju u osnovnom obrazovanju kroz nekoliko sati na kraju polugodišta. Učenici na kraju semestra nemaju više istu energiju i ne mogu pratiti predavanja te se na taj način neuspješno znanje prenosi na učenike. Kako bi se održala koncentracija i aktivnost učenika i na kraju polugodišta uvode se nove tehnologija. Virtualna stvarnost nova je tehnologija pomoću kojeg se učenici počinju zanimati za nastavu kako bi na zabavan način naučili dano gradivo. Osmišljena je aplikacija koja je u obliku igrice olakšava objašnjavanje različitih pojmova astronomije (slika 12). Cilj je doći do što više razine rješavajući različite kvizove i zadatke koji su vezani za nastavno gradivo. Učenici kroz igru uče i na novi način razvijaju svoje snalaženje i razumijevanje gradiva u nastavi. Ipak, nije cijeli proces učenja napravljen kao dio uranjajuće virtualne stvarnosti. Neki dijelovi su napravljeni kao 2D simulacije na računalima jer se pokazalo da korištenje naočala za virtualnu stvarnost dulje od 15ak minuta kod nekih učenika izaziva vrtoglavicu. [15]



*Slika 12* Zaslona aplikacije [1].



### 3. RASPRAVA

Kako bi se dobio bolji pregled i uvid u razvoj i učinak virtualne stvarnosti napravljena je tablica 2 u kojoj je uključeno devet članaka izdvojenih iz baze koji najbolje prikazuju i odgovaraju na postavljeno pitanje. U Stupcima „Metoda istraživanja“ i „Način korištenja“ ogovoreno je na prvo pitanje iz ovog istraživanja. Prikazano je na koji način se virtualna stvarnost koristi u obrazovanju te koji su sve uređaji korišteni u tu svrhu.

**Tablica 2** Pregled literature o primjeni virtualne stvarnosti u podučavanju fizike.

AUTOR	ZEMLJA	TEMA	METODA ISTRAŽIVANJA	NAČIN KORIŠTENJA
J. Lee, J. Surh, W. Choi, B. You [9]	Korea	Astronomija	Prije početka sudionici su ispunili kratki upitnik te na kraju odgovarali na pitanja o stečenom znanju te o doživljajima ovog načina učenja.	Koriste se virtualne naočale, slušalice i kontroler pomoću kojeg se upravlja i omogućuje sudjelovanje te se putem live streaminga promatraju snimke sa SDO.
K. Van Acoleyen, J. Van Doorselaer [11]	Belgija i Nizozemska	Teorija relativnosti	Nasumično izabrani sudionici, na različitim festivalima, nakon doživljaja virtualne stvarnosti daju svoje mišljenje.	Virtualne naočale koje simuliraju vožnju brodom u svijetu s malom brzinom svjetlosti pri čemu se demonstriraju pojave poput kontrakcije duljine, dilatacije vremena, Dopplerovog efekta.

M. Burt, A. M. Pendrill [12]	Danska	Slobodni pad	Nakon vožnje sudionici iznose svoje mišljenje.	Za vrijeme vožnje u padajućem tornju pomoću virtualnih naočala prikazuju se sile koje djeluju tijekom slobodnog pada.
M. Kersting, R. Steier, G. Venville [13]	Australija	Astronomija	Na kraju sudjelovanja u demonstraciji virtualne stvarnosti „Bigger than Big“ na festivalu znanosti sudionici su ispunili upitnik o virtualnoj stvarnosti, kako im se sviđa i njihovi doživljaji.	Putem virtualnih naočala povezanih na središnje računalo posjetitelji festivala znanosti mogli su sudjelovati u nekoliko scena koje prikazuju fenomene iz područja astrofizike: planeti u Sunčevom sustavu ili raspon veličina kozmičkih objekata.
J. Franklin, A. Ryder [4]	Amerika	Elektromagnetski o polje	Nije provedeno istraživanje.	Pomoću virtualnih naočala i upravljača korisnik može vidjeti električno polje bilo koje raspodjele točkastih naboja (sam može rasporediti naboje). Također, može promatrati elektromagnetsko zračenje (tj. gustoću energije za naboje u gibanju pri

				čemu sam može odrediti putanju naboja, pri čemu je akceleracija naboja definirana akceleracijom kontrolera (upravljača) prilikom označavanja putanje naboja.
P. Sidanin, J. Plavšić, I. Arsenić, M. Krmar [3]	Srbija	Nuklearna fizika	Nije provedeno istraživanje.	Pom oću virtualnih naočala i kontrolera kreću se i upravljaju virtualnim laboratorijem.
Y. Georgiou O. Tsivitanidou, A. Ioannou [14]	Cipar	Teorija relativnosti	Učenici su rješavali konceptualni test prije i poslije aktivnosti, rješavali su upitnik o aktivnostima učenja, a s dijelom učenika je napravljen i intervju.	Učenici moraju riješiti zadatak pomoću virtualnih naočala i kontrolera.
R. Lamb, E. A. Etocio [8]	Amerika	Tvari i energija	I u realnoj i u virtualnoj učionici nastavnicima su prije i poslije održane nastave mjereni kognitivna dinamika, otkucaji srca i pokreti očiju.	Virtualnim naočalima simulirana je virtualna učionica s učenicima i u tom okruženju je student održao nastavni sat.

<p>N. Bedregal-Alpaca, O. Sharhorodsk a, L. Jimenez-Gonzals, R. Arce-Apaza [15]</p>	<p>Peru</p>	<p>Astronomija</p>	<p>Istraživanja o korisnosti aplikacije i zadovoljstvu pri korištenju su provedena među nastavnicima putem upitnika, ali u sklopu drugog znanstvenog članka.</p>	<p>Aplikacija virtualne stvarnosti u koju se učenici ulogiraju i funkcionira kao igrice u kojoj je cilj doći do što veće razine osvajanjem nagrada koje se dobivaju za uspješno riješene zadatke.</p>
---	-------------	--------------------	--	---

U svim istraživanjima naglasak je bio utjecaj virtualne stvarnosti na lakše i zabavnije učenje fizike. Promatran je općeniti utjecaj i doživljaj na virtualnu stvarnost te također kako ono utječe na učenje fizike. Virtualna stvarnost nova je tehnologija koja zbog svojim malih nedostataka, primarno cijena, nije u potpunosti zavladała cijelim svijetom. Daljnji razvitak i primjena virtualne stvarnosti bit će sve veća i veća. Ova tehnologija omogućila je otkrivanje novih dimenzija i promatranje do sada ne shvatljivih fenomena. Utječe jako na mlade koji se zanimaju za nove metode i vole istraživati nove mogućnosti. Upravo virtualna stvarnost mladim generacijama to i omogućuje. Na zabavan, jednostavan i lak način zaroniti u novi svijet i naučiti puno novih činjenica i vidjeti do sada ne shvatljive procese. Današnjem načinu obrazovanja potrebna je modernizacija. Učenicima pred kraj semestra postaje još teže pratiti gradivo, pogotovo ako je konceptualno zahtjevno [15]. Učenje treba iz pasivnog prijeći u aktivno. Profesori moraju zaintrigirati i privući pažnju učenicima na nastavi kako bi potaknuli komunikaciju i aktivnost. Svrha svakog predavanja je komunikacija, kroz komunikaciju čovjek je najbolje uključen, najaktivnije sudjeluje, a time i najbolje pamti. Svakome je potrebna promjena monoton način rada usporit će i skoro onemogućiti dolazak do željenog cilja. U svim istraživanja dobila se pozitivna povratna informacija o virtualnoj stvarnosti i svi bi je voljeli primjenjivati dalje u svakodnevnom životu na bilo koji način, za zabavu ili u obrazovne svrhe. Virtualna stvarnost još je u razvoju i zbog toga se oprezno koristi njome. Osim svih prednosti koje ona donosi tu naravno postoje i mane. To dovodi do odgovora na drugo pitanje istraživanja. Iako vrlo korisna i praktična tehnologija nije još u potpunosti usavršena kako

bi se mogla koristiti u obrazovne svrhe. Još uvijek postoje mogućnosti vrtoglavica ili mučnina koje uzrokuju naočale za virtualnu stvarnost [15] ili pak preskupa oprema koju si obrazovne ustanove ne mogu priuštiti [8]. Još nije u potpunosti usavršena pa ni slika i grafika nisu na razini na kojoj bi trebale biti kako bi se koristila u te svrhe. Daljnjim razvojem i istraživanjem virtualna stvarnost imala bi veliki utjecaj na obrazovanje, a pogotovo u nastavi fizike.

## 4. ZAKLJUČAK

Virtualna stvarnost nova je tehnologija koja je ostavila pozitivan dojam kod mnogih korisnika, zadovoljavajući rezultati i dobivene sugestije omogućuju bolje i lakše unaprjeđivanje i usavršavanje ove tehnologije.

Provedena istraživanja potaknula su razvoj i usavršavanje virtualne stvarnosti. Pozitivna mišljenja korisnika virtualne stvarnosti dovela su do zaključka da se virtualna stvarnost uvelike može koristiti u obrazovne svrhe. Započet je razvoj različitih aplikacija i programa koji će se koristiti u obrazovanju i olakšati shvaćanje teorije, posebno u području fizike. Još uvijek postoje nedostaci ove tehnologije koji su i istaknuti u pregledu istraživanja, no njihovim uklanjanjem ova tehnologija bila vrlo korisna u obrazovanju.

Ova tehnologija pridonosi boljem objašnjavanju, shvaćanju i otkrivanju svih procesa i fenomena na području fizike. Fizikalni zakoni koji su najčešće u udžbenicima prikazani samo teorijski sada se tehnologijom virtualne stvarnosti mogu vizualizirati u prostoru oko nas što omogućava bolje shvaćanje i razumijevanje svega što se oko nas zbiva.

## 5. LITERATURA

[1] S. Greengard, Virtual reality, The MIT Press, London, England, 2019. str 1-11.

[2] <https://dir.hr/sto-virtualna-stvarnost/> ( pristup 28.5. 2023.)

[3] P. Sidanin, J. Plavšić, I. Arsenić, M. Krmar, Virtual reality (VR) simulation of nuclear physics laboratory exercise, Eur. J. Phys. 21 (2020)

[4] J. Franklin, A. Ryder, Electromagnetic field visualization in virtual reality, American Journal of Physics, 87, 153 (2019)

[5] A. Yori, V. B. Goncalves, Overview of Virtual Reality Technologies, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton

[6] C. Christou, Virtual Reality in Education, University of Nicosia, Cyprus

[7] [https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-virtual-reality/#Virtual\\_Reality\\_Hardware\\_And\\_Software](https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-virtual-reality/#Virtual_Reality_Hardware_And_Software) ( pristup 9.7.2023.)

[8] R. Lamb, E. A. Etopio, Virtual Reality: a Tool for Preservice Science teachers to Put Theory into Practice, Journal of Science Education and Technology, (2020) 29:573-585

[9] K. Van Acoleyen, J. Van Doorselaer, Captain Einstein: a VR experience of relativity

[10] J. Lee, J. Surh, W. Choi, B. You, Immersive Virtual-Reality-Based Streaming Distance, Education System of Solar Dynamics Observatory: A Case Study, Appl. Sci. 2021,11,8932

[11] [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/sdo/science/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/sdo/science/index.html) (pristup 12.7.2023.)

[12] M. Burt, A. M. Pendrill, Virtual reality video screen shots and sensor data for a large drop tower ride, Phys. Educ, 55 (2020) 055017 (8 pp)

[13] M. Kersting, R. Steier, G. Venville, Exploring participant engagement during an astrophysics virtual reality experience at a science festival, International Journal of Science Education, Part B, 11:1, 17-34

[14] Y. Georgiou O. Tsivitanidou, A. Ioannou, Learning experience design with immersive virtual reality in physics education, Education Tech Research Dev (2021) 69:3051-3080

[15] N. Bedregal-Alpaca, O. Sharhorodska, L. Jimenez-Gonzals, R. Arce-Apaza, A Gamification Experience and Virtual Reality in Teaching Astronomy in Basic Education, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol.11. No. 5, 2020