

**BROŠURA:  
VRU  
OBRAZOVANJU**

“

**JEDINI IZVOR ZNANJA  
JE ISKUSTVO**

”

**ALBERT EINSTEIN**



# SADRŽAJ

**04** UVOD

**06** PEDAGOŠKI ASPEKT  
VIRTUALNE STVARNOSTI

**10** VIRTUALNA STVARNOST.  
NOVI NAČIN POUČAVANJA

**14** VR: PRIMJERI PRIMJENE U  
OBRAZOVANJU

**17** MIŠLJENJE STRUČNJAKA

**19** OPASNOSTI ZA ZDRAVLJE I  
SIGURNOSNI ASPEKTI VR  
TEHNOLOGIJE

**21** TEHNIČKA TERMINOLOGIJA  
I OPĆENITO OBJAŠNJENJE  
VIRTUALNE STVARNOSTI

# UVOD

U dobi od 87 godina, uspješan majstor Michelangelo, rekao je: „Još uvijek učim.“ Kakvog li divnog priznanja! Kao ljudski rod, nikada se ne prestajemo usavršavati, a pogotovo sada, u eri velikih tehnoloških napredaka koji su dio naših svakodnevnih života.

Virtualna stvarnost (VR) više ne pripada budućnosti, jer je ušla u brojna polja ljudskih života. Kada pomislimo na Virtualnu stvarnost, prva stvar koja pada na pamet je zabava. Ali tu se ne radi samo o igricama, VR je prisutan i u obrazovanju, medicini, ljudskim resursima, putovanjima i vojnoj izobrazbi. Virtualna stvarnost je oblik računalne simulacije u kojoj se sudionik uranja u umjetno okruženje. Omogućava nove oblike i metode vizualizacije, oslanjajući se na snagu vizualnog prikazivanja. VR može točnije ilustrirati određene osobine, procese i sl. od nekih drugih sredstava, jer može osigurati bolje iskustvo „dodirivanja“ koncepata koji su do sada bili samo teorijski. Naposljetku, riječima još jedne genijalne osobe – Alberta Einsteina, istina je da je „jedini izvor znanja iskustvo“.

Uporaba VR u obrazovanju prirodni je razvoj nekih drugih načina poučavanja uz pomoć računala. Uporaba ove tehnologije u učionici može stvoriti nove mogućnosti za učenje i razmišljanje, kao i mogućnost da se potakne sudjelovanje učenika. Kao praktično iskustvo koje podrazumijeva uključенost učenika, stvara novi način učenja pružajući nova iskustva. (1) Uporaba VR u obrazovanju modernizirat će pedagoške procese i prenijeti gradivo mladim ljudima na zanimljiv način te ih potaknuti da samostalno istražuju i prikupljaju znanja.

Mogućnosti uporabe VR u obrazovanju mogu biti nebrojene. Tradicionalne metode poučavanja vežu nastavnike uz pružanje činjenica, što i nema toliko veze s obrazovanjem koliko s informiranjem. Učenici koji su zatrpani informacijama u brojnim predmetima u kratkom vremenskom periodu prezasićeni su njima, što vodi do dosade i manjka sudjelovanja. Uporaba VR u obrazovanju pruža mogućnosti revolucionariziranja interakcije u učionici. Na taj način, učenici mogu učiti tako što djeluju, bolje mogu osjetiti prostor, razvijati kreativnost i emotivno reagirajući na informacije poboljšati njihovo prikupljanje. (2)

[1] Hu-Au, Lee (2017)

[2] <https://theblog.adobe.com/virtual-reality-will-change-learn-teach/>

# UVOD

Math Reality je projekt koji se sastoji od suradničkog razvoja i primjene inovativne pedagoške metodologije i uporabe VR kako bi se poboljšala trenutna didaktika matematike.

Projekt je financirala Europska unija Erasmus+ programom i rezultat je suradničkog rada 6 institucija: Fermat Siences (Francuska), Citizens in Power (Cipar), Srednja škole Ivanec (Hrvatska), Colegiul National "Doamna Stanca" (Rumunjska), Liceo Montale (Italija), i Logopsycom (Belgija).

Budući da će se ovim materijalom obrađivati tehnička terminologija i općenito objašnjenje virtualne stvarnosti, prije nego se krene važno je pojasniti materiju. Ovdje se nalaze definicije koje će vam pomoći razlikovati pojmove Proširene stvarnosti (Augmented reality – AR), Mješane stvarnosti (Mixed reality – MR) i Virtualne stvarnosti (Virtual reality – VR).

## **PROŠIRENA STVARNOST**

odnosi se na virtualno sučelje, u 2D ili 3D tehnologiji, koje obogaćuje stvarnost nadododajući joj informacije. To je proširivanje stvarnosti.

## **MJEŠANA STVARNOST**

dopušta dodavanje sintetičkih objekata stvarnom okruženju u obliku holograma s kojima korisnik može ostvariti interakciju.

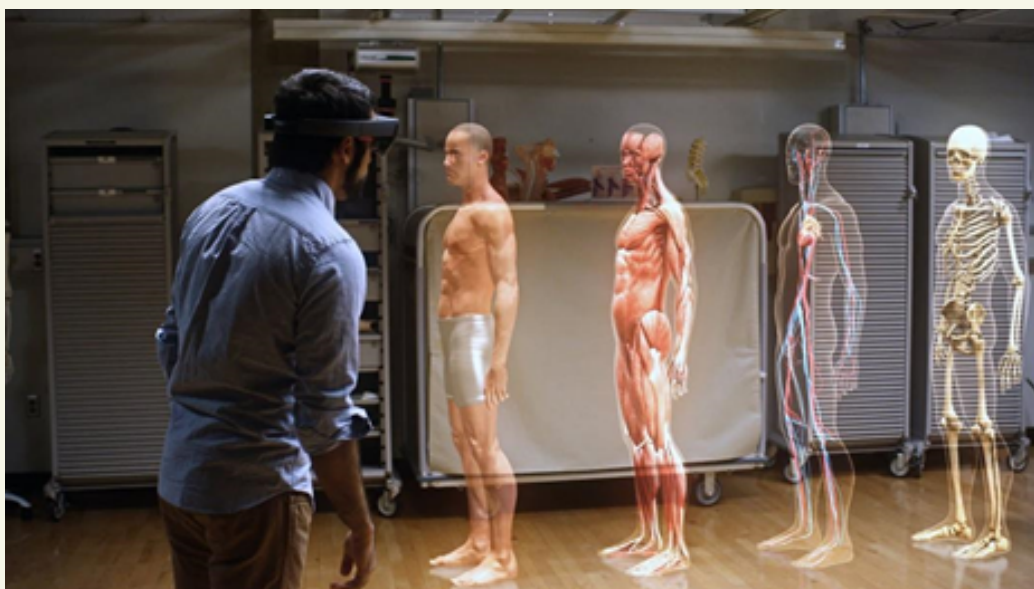
## **VIRTUALNA STVARNOST**

je simulacija digitalnog, potpuno izmišljenog svijeta koji se temelji na slikama stvorenim uz pomoć računala. To može biti reprodukcija stvarnog svijeta ili potpuno izmišljen svijet. Iskustvo je vizualno, čujno, a u nekim slučajevima i opipljivo, uz stvaranje povratnih efekata. Kada je osoba opremljena odgovarajućim hardverom, npr. rukavicama ili odjećom, može iskusiti određene osjete vezane uz dodir ili neke radnje.

# PEDAGOŠKI ASPEKT VIRTUALNE STVARNOSTI

Proces čitanja zanimljive knjige često nas vodi u carstvo fantazije, dajući nam mogućnost doživljavanja neostvarivih događaja i situacija, poput upravljanja izmišljenim svemirskim letjelicama, istraživanja nestvarnih prizora i bajkovitih pejzaža, pa čak i putovanja unutar vlastitog tijela. I dok je pitanje prethodnog stoljeća bilo „kako bi se osjećali kad bi se svi prizori iz svijeta mašte mogli prenijeti u stvarno iskustvo?“, danas znanstvenici mogu dati odgovor na ovo pitanje.

I zaista, ono što je izgledalo neizvedivo u praksi, sada se može ostvariti uz pomoć inovativne tehnologije koja koristi saznanja iz raznih dobro razvijenih područja poput informatike, fizike, biokemije i grafičkog dizajna. Sva se ta saznanja spajaju u jednu multidisciplinarnu virtualnu cjelinu koja koristi najrevolucionarnije tehnologije u razvijanju aplikacija, istovremeno ostajući u mogućnosti funkcionirati poput „zrcala“, odnosno kao odraz čak i najekstremnijih realističnih scenarija, bez da pritom gubi stvarne detalje ili osjetilne doživljaje.



Slika 1: Microsoftovi HoloLens partneri na Western Reserve University.

Slika: Microsoft – preuzeto s [s https://www.ietfforall.com/augmented-virtual-reality-higher-education/](https://www.ietfforall.com/augmented-virtual-reality-higher-education/)

# PEDAGOŠKI ASPEKT VIRTUALNE STVARNOSTI

S tehnološkog gledišta, a kao što su Costa i dr. (2001.) prvi i tvrdili, Virtualna stvarnost mogla bi se smatrati najprirodnijim među sučeljima Čovjek-Računalo (MCI). Takvo postignuće može se pripisati cijelom nizu mogućnosti koje taj sustav omogućava – čak i neiskusnim korisnicima: navigaciju u trodimenzionalnim prizorima u uvjetima stvarnog vremena, zadržavajući „više-osjetilnu“ interakciju, te na taj način podrazumijevajući i aktiviranje i uključivanje barem četiri od pet osjetila; vid, opip, sluh, a u nekim slučajevima i miris.

Mogućnost višeosjetilne interakcije i aktivacije većine ljudskih osjeta bio je glavni argument koji je pratio pretpostavku da će u idućem desetljeću virtualna stvarnost dodati novu dimenziju iskustvu učenja. No, kako se ta pretpostavka temeljila na formalnim obrazovnim sustavima, nije se nužno podrazumijevalo da će „uranjanje“ u kontekst aplikacija biti odgovorno za davanje konkretnih rješenja za kronične obrazovne probleme, već prvenstveno za jačanje procesa primjene modernih pedagoških pristupa.

Zbog toga teoretska pedagoška komponenta mora biti ta koja u konačnici određuje načine na koje će se VR tehnologija uvoditi u obrazovni kontekst. Tijekom proteklog desetljeća znanstvenici su povezivali obrazovne posljedice uporabe VR s konstruktivističkim učenjem (Barilli, 2012: 144), koji kaže: „...teorije konstruktivizma temeljenog na interakciji (3) uz dijalektiku, donosi nam fundamentalne istine:

- 1) svako znanje dolazi iz društvene uporabe, te se tamo i vraća;
- 2) znanje je kolektivni poduhvat i do njega se ne može doći u samoći subjekta (Vygotsky, 1984 apud Neves i Daminani, 2009.).

\* 3 „Konstruktivizam je novi pristup obrazovanju koji tvrdi da učenici bolje mogu razumijeti informacije koje su konstruirali sami nego kada pasivno primaju znanja. Prema toj teoriji, učenje je društveni napredak koji uključuje jezik, stvarne situacije, te interakcije i suradnju među učenicima. Prema ovoj teoriji, učenje podrazumijeva usavršavanje, te samostalno učenje vlastitim ritmom, koji nije ograničeno na tradicionalnu učionicu s minimalnom interakcijom. Ova teorija implicira da se učenje može odvijati i u virtualnom okruženju. (The International Journal of Modern Social Sciences, 2015, 4(2): 71-81)

Prema Bekeru (1993.), autori koje se smatra konstruktivistima, poput Piageta, Freuda, Vygotskyog, Wallona, Luria, Baktina i Freineta, uzimaju djelovanje učenika kao praksu u središtu procesa učenja kao zajedničku točku, smatrajući „praksu“ intervencijom ljudskih bića u društvu i na prirodi.“ (Barilli i dr., 2012: 144)

Ono što se ovime implicira je da uporaba VR može učenicima omogućiti da sami „konstruiraju“ znanje vlastitim smislenim iskustvima. U nekim slučajevima rezultati znanstvenih istraživanja indiciraju da uz primjenu odgovarajućih aplikacija koje simuliraju stvarne scenarije unutar virtualnih okvira, učenici slabijih postignuća pokazuju poboljšana akademska postignuća u odnosu na one koji znanja primaju tradicionalnim pedagoškim metodama. (Winn i dr., 1997.)

Većinom se ovo može pripisati mogućnosti da učenici uz VR dobiju vlastite prikaze znanja kroz stvaranje vizualnih i lako obradivih predmeta, i pritom simultano prizivati prethodno stečena znanja i iskustvene zaključke. Osim toga, mogućnost VR da pretvori gotovo svaki kontekst učenja u koji je učenik uključen u okruženje koje učenik može sebi prilagoditi i u kojem aktivno sudjeluje, osnažuje obrazovne krajobraze u njihovoj sveukupnosti, budući da uzima u obzir postojeću raznolikost u pogledu individualnih potreba učenja, kognitivnih stilova i mogućnost osjetilne percepcije stimulusa vanjskog svijeta. (Smith i dr., 2014.)



Slika 2: Construct3D: Primjena Virtualne stvarnosti u matematici i geometriji

(Preuzeto s:

<https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2000/Kauf-2000-Con/TR-186-2-00-16Paper.pdf> )



Trodimenzionalna bića prikazana unutar VR aplikacija razbijaju prepreke koje predstavlja zaslon računala i dozvoljavajući fizičku interakciju u mogućnosti su koliko je god moguće približiti korisniku osjećaj pragmatičkog ostvarenja (Kirner and Siscouto, 2007: 4)

Također, društveni kontekst koji je stvoren primjenom VR tehnologije dovodi do ljudske interakcije tako što potiče suradničko učenje koje poštuje principe društvenog konstruktivizma, te na taj način dovodi do razmjene iskustava i ideja među učenicima i predstavlja ideju prikupljanja iskustava s relativno povećanom učestalošću u odnosu na ne-virtualne kontekste.

Pored toga, stvaraju se uvjeti u kojima osnovni procesi učenja mogu procvasti, i koji zahtijevaju čitav niz kompetencija, poput analitičkih vještina, uočavanje problema, analize i rješavanja, kao i vještine donošenja odluka.

# VIRTUALNA STVARNOST. NOVI NAČIN POUČAVANJA

Ako upitamo naše učenike koji osjećaj povezuju sa školom, odgovor će vjerojatno biti „dosada“ (Larson i Richards 1991., Mora 2011.). Učenici kojima je dosadno suočeni su s posljedicama poput slabe pažnje (Farmer i Sundberg 1986.), manjka truda (Pekrun, Goetz, Daniels, Stupnisky i Perry 2010.), negativnog dojma (Harris 2000.) i površne obrade informacija, koje često vode do niskih ocjena i prestanka školovanja (Dube i Orpinas 2009., Wasson 1981.) Dosada također ima negativan utjecaj na kognitivne i metakognitivne vještine, sprečavajući učenike da ostvare svoj potencijal.

No, zašto je djeci i adolescentima dosadno u školi? Tradicionalne metode obrazovanja koje se temelje na predavanjima rezultiraju učenicima koji nisu uključeni u nastavu i koji nezadovoljni negativnim iskustvom pasivnog učenja često prekidaju školovanje.

Ono što moramo je pronaći dopunske oblike poučavanja, kako bi uključili učenike i pokazali im da škola može biti uzbudljivo mjesto. Kao što je već navedeno, vjeruje se da bi Virtualna stvarnost (VR) mogla biti način da se učenike zainteresira za predmete i da se stimulira njihova znatiželja.

Pored toga, strateško uvođenje i daljnje uključivanje ove vrste tehnoloških aplikacija u službene kurikule školskih predmeta koji imaju reputaciju dosadnih, nevažnih ili manje privlačnih, poput STEM područja, provjereno može izazvati zanimanje i znatiželju čak i kod najnezainteresiranijih ili učenika koji postižu najlošije rezultate, i na taj način razvijati akademske potencijale ove inovativne pedagogije. (Costa i Melotti, 2012.)

## VR POTIČE ANGAŽIRANJE UČENIKA

Virtualna stvarnost je interaktivno iskustvo koje uključuje učenike. Oni mogu učiniti nešto što nikada prije nisu, u sigurnom okruženju: moguće je simulirati izlete na zanimljiva mjesta kao što su spomenici, oceani, Mjesec, svemir, ljudsko tijelo itd. (Lau i Lee 2015.) Slobodno sami istražuju i uče vlastitim ritmom, zatim mogu raspravljati o svom iskustvu s kolegama i na taj način pojačati sudjelovanje na nastavi (Ferriter 2016.)

Moguće je potaknuti zanimanje za predmete koji su učenicima dosadni ili nebitni tako što ih se „uroni“ u nastavu. Mogućnost simuliranja okoline i poticanja osjećaja prisutnosti kod učenika, jedna je od najvažnijih mogućnosti VR u stvaranju obrazovnih iskustava koja angažiraju učenika.

## VR NUDI AUTENTIČNA ISKUSTVA

Za vrijeme nastave koja se provodi u učionici, učenicima pažnju često odvlači stvarni svijet, tj. vlastito svakodnevno iskustvo, i ne mogu razumjeti zašto moraju pamtit činjenice koje se ne čine povezane sa stvarnim životom. Radije bi učili na način da je učenje strogo povezano s kontekstom i da se odvija unutar neke autentične aktivnosti.

VR daje učenicima šansu da uče iz značajnih iskustava, da se bave autentičnim zadacima pokušavajući pronaći rješenja stvarnih problema i surađujući s drugima. Winn i dr.(1997.) shvatili su da se učenici koji postižu slabije akademske rezultate više poprave nego kada uče metodom predavanja, čak i više od kolega s višim rezultatima.

Kad se radi o učenicima koji polaze tehničke tečajeve vezane uz razne sektore strojarstva ili medicine, biokemije i biologije, VR im nudi mogućnost virtualne obuke koja dozvoljava onoliko pokušaja (testova) koliko im je potrebno. Tako mogu iste procese više puta ponoviti u stvarnim uvjetima točnije, s više samopouzdanja i discipline, te izbjeći kritike bez straha da će počinuti pogreške koje bi mogle financijski biti nepriuštljive, riskantne ili čak opasne po zdravlje.

Google`'s Daydream proveo je eksperiment koji je doveo do zaključka da su ljudi koji su se obučavali uz VR učili brže i bolje od onih kojima su samo prikazivani video tutoriali.\*

Postoji dosta aplikacija koje će pomoći učenicima da usvoje nove vještine. Npr. Unimersiv nudi VR obuku za viličare, kako voziti i upravljati viličarom, poučavajući o gravitaciji i sigurnosnim pravilima.

Nadalje, VR omogućava učenicima sudjelovanje u virtualnoj obuci u stvarnim uvjetima, dozvoljavajući im istovremeno da mjere i procjenjuju svoju izvedbu, te bilježe sveukupni napredak.

\* <https://www.opencolleges.edu.au/learning-online>

Dokazano povećavajući razinu učenikovog angažmana zahvaljujući mogućnosti simuliranja jasnog osjećaja prisutnosti u odnosu na tradicionalni kontekst učenja, VR stvara jedinstven višeosjetilni, praktični iskustveni proces koji dovodi do interakcije između sudionika i predmeta, oživljavajući bilo koji fenomen kojeg je u prijašnjim desetljećima bilo nemoguće istraživati.



Slika 3: VR obuka za upravljanje dizalicom, Bechtel Brothers and ITI (Preuzeto s <https://www.roadtovr.com/bechtel-partners-iti-expand-vr-crane-training-capabilities/>)

Neke uporabe VR (npr. VR za učenje jezika i VR za govornike) također omogućavaju učenicima govorničke vježbe bez osjećaja nervoze i straha (Virtual Speech, 2016.) Jedan primjer je Mondly, dostupan za Androide i Oculus Rift. Fokusira se na realistične scenarije, poput prijavljanja u hotel, vožnje taksijem, naručivanja u restoranu ili razgovora u vlaku. Korisnik ima sugovornika koji će verbalno odgovoriti na temelju popisa mogućih odgovora. Postoji i softver za prepoznavanje glasa koji omogućava povratnu informaciju odmah nakon korisnikovog izgovora, što je korisno za usavršavanje vještine govora. Montly VR nudi 30 jezika, uključujući kineski, francuski, engleski, njemački, ruski i španjolski.\*

Osim toga, VR nudi mogućnost da se učenik nađe u situacijama koje odgovaraju stvarnim: može posjetiti bilo koju lokaciju, povijesni period i/ili osobu. Moguće je npr. učenicima dati uvid u buduće radno mjesto: Google Expeditions daje iskustvo istraživanja karijera, gdje učenici mogu pratiti znanstvenike ili profesionalce u njihovim laboratorijima i uredima (O'Brien 2016.) Ova vrsta tehnologije može biti vrlo korisna, pogotovo u školama slabijih sredstava: iako učenici istražuju virtualni svijet, mogu stvoriti vrijedna autentična iskustva koja ih mogu potaknuti da više uče o vlastitim interesima i/ili vlastitom budućem zanimanju, uključujući i područja koja obično nisu predstavljena u razredu.

\* <https://www.fluentu.com/blog/virtual-reality-language-learning/>

## RAZUMIJETI I DRUGO GLEDIŠTE

Jedna od najzanimljivijih upotreba VR je vizualiziranje teških modela, npr. zamišljanje da smo starija osoba, dijete, učenik s disleksijom: istraživanja su pokazala da uporaba VR u ovu svrhu značajno povećava empatiju prema starijim i mlađim generacijama (Passig, Klein & Neuman 2001; Bailenson et al. 2008), a pomaže i učiteljima da postanu svjesni kognitivnih iskustava učenika s disleksijom (Shavit 2005.). VR ima veliku moć izazivanja empatije i kod učenika i učitelja, stavljajući ih u realistične situacije, mjenjajući točku gledišta i dajući im mogućnost razumjeti je.

## VR POTIČE KREATIVNOST

VR omogućava korisnicima stvoriti nešto iz vlastite mašte i upravljati predmetima s ciljem usvajanja teške konceptata. Učenici jednostavno mogu formirati apstraktne ideje i demonstrirati mentalne modele (Winn i dr. 1997.); moguće je razviti i umjetničke sposobnosti, npr. slikanjem, kiparenjem i stvaranjem 3D modela koristeći nemoguće materijale poput vatre, snijega, zvijezda, a sve uz pomoć Tiltbrush Googleove aplikacije. Prema teoriji utjelovljene spoznaje (Da Rold 2018.), ovakva vrsta iskustva potiče kognitivno učenje.

# PRIMJERI UPORABE U OBRAZOVANJU

Kada govorimo o području prirodnih znanosti, istraživanja kažu da učenik, kada je u centru procesa učenja i primjenjuje konstruktivističke premise učenja, može u potpunosti upotrijebiti čitav niz mogućnosti koje VR aplikacije nude, što omogućava i vizualizaciju i upravljanje trodimenzionalnim predmetima.

Dakle, učenici usvajaju vještine koje im omogućavaju točnu percepciju i potpuno shvaćanje čak i najapstraktnijih znanstvenih matematičkih koncepata, istovremeno dobivajući mogućnost stvaranja trodimenzionalnih prikaza prostornih koncepata (npr. geometrijskih struktura i sustava), koje nije lako objasniti usmeno ili uz pomoć dvodimenzionalnih ilustracija na papiru (Lima i dr. 2007:3).

U statistici npr., gdje su podaci vrlo raznoliki, interpretacija i analiza podataka može se provoditi interakcijom u specijaliziranim sustavima koji odgovaraju različitim kognitivnim stilovima, omogućavajući učenicima različitih sposobnosti da razumiju složene grupe podataka.

Kada se radi o učenicima s različitim kognitivnim stilovima, VR tehnologija im nudi veliki izbor raznih metodologija kojima mogu upijati znanje; učenje pomoću uporabe grafika i slika umjesto teorija/formula i principa, istraživanjem umjesto dedukcijom, aktivnim sudjelovanjem umjesto refleksijom, vizualnom komunikacijom umjestom verbalnom (Kaufman, 2009.)

## EVO NEKOLIKO PRIMJERA INTEGRACIJE VR U POUČAVANJE STEM PREDMETA:

### **Plainview-Old Bethpage Central School District in New York:**

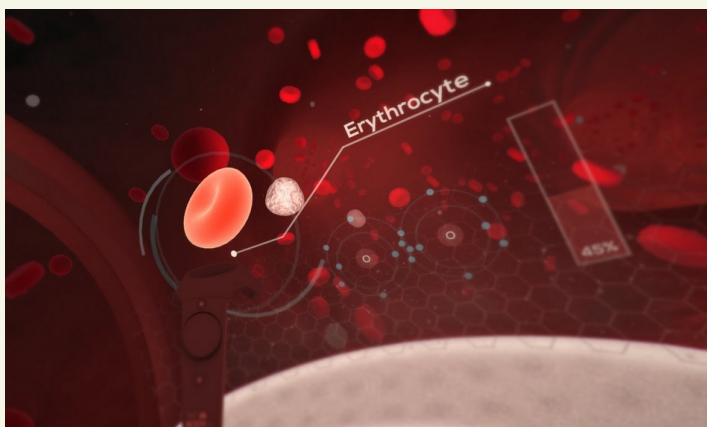
ova škola koristila je zSpace za poučavanje težeg gradiva, poput Newtonovih zakona kretanja ili anatomije (Zaino 2016.). Učenici ostvaruju interakciju s predmetom koji se poučava na kreativan i zanimljiv način, slažući kocke, postavljajući rampe, bacajući lopte; ili se doslovno mogu kretati oko 3D srca, razumijeti od čega je nastalo i kako radi, i osjetiti kako brže ili sporije kuca. Učenici mogu istraživati vlastitim ritmom, bez srama od mogućih grešaka, što prema konstruktivističkom učenju postaje mogućnost usavršavanja vještina i znanja.

### Arizona State University:

VR laboratorij za biologiju jedan je od najzanimljivijih načina na koje ovo sveučilište počava taj predmet. Putem Daydream VRa, Googlovog sustava, učenici mogu pristupiti sadržaju tako što se ulogiraju na vlastite Google računice. Nakon toga, moraju „obučiti“ laboratorijsku kutu i rukavice kako bi nastavili. U ovom laboratoriju učenici moraju uzeti dva uzorka krvi igračima košarke kako bi im odredili razinu glukoze u krvi. Nakon ovog iskustva, mogu vidjeti što se nalazi unutar molekule glukoze, te se od njih traži da je stave na odgovarajuće mjesto kako bi demonstrirali Krebsov ciklus. (Faller 2018.)

### The Body VR:

Zahvajući ovom besplatnom VR iskustvu, učenici mogu putovati krvotokom, otkrivati kako krvne stanice šire kisik ljudskim tijelom: također mogu odlučiti „uskočiti“ u jednu živu stanicu kako bi naučili kako ona funkcionira (The Body VR, n/a).



Slika 4: The Body VR: Journey Inside a Cell - HTC Vive Trailer  
(Retrieved: screenshot from The Body VR Youtube channel)

### CalcFlow:

ova aplikacija namjenjena srednjoškolcima nudi mogućnost istraživanja matematičkih teorema i scenarija u virtualnoj stvarnosti. Neke mogućnosti uključuju: ručno upravljanje vektorima, proučavanje zbrajanje vektora, parametrizirane funkcije i vektorskog polja (Bambury 2018.)

### VR Math:

ova aplikacija predstavlja niz zadataka (uglavnom geometrijskih): od učenika se traži da brane kule uz pomoć strijela koje ispaljuju na neprijatelje. Moraju riješiti matematičke probleme kako bi zaradili više strijela. Igru je moguće igrati s četiri različite vrste zadataka, npr. zbrajanje/oduzimanje, množenje/dijeljenje, razlomci, algebra (Bambury 2018.)

### 4D Toys:

izuzetno interaktivno uranjanje u 4D svijet: koristeći moraju pomicati predmete u četvorj dimenziji podižući ih i zatim ih prstom pomičući naprijed natrag na zaslonu. Nakon svakog pomicanja predmeta pojavljuje se tekst s uputama (Machkovech 2017.)



Slika 4: Times Tables VR zabavan je način na koji učenici vježbaju množenje koristeći samo vlastite oči uronjeni sa svih strana u virtualnu stvarnost (Preuzeto s: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.KhoraVR.MathGame&hl=en> )

### Fantastic Contraption:

ovo je još jedan primjer koji primjenjuje konstruktivističku teoriju za primjenu principa fizike, gdje igrač gradi stroj i ukoliko on ne funkcionira dobro, primjenjuje vještine rješavanja problema sve dok ne postigne da funkcionira ispravno (Porter, 2015.). Na ovaj način moguće je poboljšati vizualne i vještine rukovanja, istovremeno učeći STEM sadržaje



# MIŠLJENJE STRUČNJAKA

Kako bi stekli praktičan uvid u područje Virtualne stvarnosti u obrazovanju, partneri u projektu Math Reality postavili su nekim međunarodnim stručnjacima nekoliko pitanja o njihovom stavu glede uporabe VR u obrazovanju.

## Što mislite, da su škole koje ste vi polazili integrirale VR u proces poučavanja, biste li bili ostvarili bolji osobni i profesionalni razvoj?

*Da sam se mogao okoristiti ovim načinom poučavanja, definitivno bi i ranije pokrenuo vlastiti posao. Što se tiče mog osobnog razvoja, moderni način poučavanja uz uporabu VR olakšao bi mi život kad sam bio učenik, jer bi učio iz iskustva; više bi bio uživao na nastavi da sam mogao vizualizirati informacije. Uzmite kao primjer fiziku, kemiju i matematiku, naročito geometriju. VR može revolucionarizirati cijeli koncept poučavanja ovih predmeta, jer ih može pretvoriti u praktično iskustvo.*

### **Ovidiu Pop**

**Generalni direktor Ovilexa, rumunjske tvrtke koja se ponosi stvaranjem ponajboljih igara koje uključuju simulacije vožnje i letenja**

## Što mislite o uporabi VR tehnologije u učionici? Koje su prednosti i izazovi?

Mislim da Virtualna stvarnost definitivno ima svoje mjesto u učionici. Po mom mišljenju takav sadržaj zanimljiviji je i više zaokuplja učenike. Nadaleko je bolji od udžbenika, videa, slika i web stranica. Ali ipak nije nešto što zamjenjuje ova ostala sredstva poučavanja. VR trebala bi biti dio učioničkog paketa koji podiže i potiče proces učenja uz ova ostala sredstva.

Iz prve ruke sam vidio kako se učenici zanimaju za VR, koja ima sposobnost povesti učenike bilo kuda u svijetu, u bilo koje povijesno razdoblje, čak i na nezamisliva mjesta. No, kao i ostali alati koji se koriste u poučavanju, i VR ima svojih izazova. Uglavnom je to cijena uređaja i sadržaja, te mogućnost pristupa u raznim školama

### **Michael Fricano II**

**učitelj tehnologije i stručnjak za integraciju tehnologije u školi „Iolani, Hawaii**

## Koji predmeti su po vašem mišljenju najpogodniji za upotrebu VR?

*Nije jednostavno pripisivati predmetima isključivo upotrebu virtualne stvarnosti zbog toga što primjena VR te predmete pretvara u transverzalne predmete. Primjena je moguća u geografiji, znanosti, povijesti, umjetnosti itd.*

*Ova tehnologija potiče shvaćanje naracije (novi mediji – pričanje priča), stvaranje tekstova nakon vlastitog iskustva (User – empathy), zamišljanje i konstruiranje narativnih svjetova (Matematika i dizajn – 3D Creation), razvijanje prizora koji se temelje na činjenicama ili podacima (Matematika i dizajn – Programiranje)*

**Jordi Martos**

**Public Visual, Barcelona, stručnjak Proširene i Virtualne stvarnosti.**

## Koja je uloga učitelja u nastavi koja koristi VR?

Netko bi mogao pomisliti da VR može zamjeniti učitelje u učionici. Ali osobno smatram da učitelje ništa ne može zamijeniti, zbog empatije i osobnih veza koje ostvaruju s učenicima. VR je samo dodatni alat kojim se učitelji mogu poslužiti. Uloga učitelja prilikom korištenja VR na satu je poticati diskusije i postavljati važna pitanja koja učenike potiču na razmišljanje, kako bi učenici mogli primjeniti ono što vide i iskuse uz pomoć VR na ono što već znaju i o čemu uče na satu

**Michael Fricano II**

**učitelj tehnologije i stručnjak za integraciju tehnologije u školi „Iolani, Hawaii**

Ljudi su važni za uspostavljanje veze između konteksta i učenja – bez te veze učenje se gubi. Učitelji moraju poticati postavljanje pitanja, biti podrška u učenju, koracima koji prethode uporabi VR, kao i koracima nakon nje.

**Craig Kemp**

**obrazovni radnik iz Novog Zelanda s 14-godišnjim iskustvom rada u učionici, rukovodstvu i savjetovanju**

# OPASNOSTI ZA ZDRAVLJE I SIGURNOSNI ASPEKTI VR TEHNOLOGIJE

U budućnosti će VR tehnologija potpuno promijeniti način na koji poučavamo, vježbamo, čak i razmišljamo o nekim stvarima u obrazovanju. Iako su prednosti uporabe VR tehnologije u obrazovanju ogromne, važno je biti svjestan da je ta tehnologija vrlo snažna i da je zato treba upotrebljavati pravilno i razumno.

Razni su konteksti uporabe VR, od obrazovanja do slobodnog vremena. Ali jesmo li se upitali koliko je to vremena previše da se virtualna stvarnost koristi odjednom? Proizvođači poput Oculus predlažu „10 do 15 minuta pauze svakih 30 minuta, čak i ako mislite da vam nije potrebno.“ Taj odmor između zadataka koje obavljamo uz pomoć VR pomaže nam olakšati i ublažiti simptome poput umora očiju, glavobolje i ponekad čak mučnine. Stručnjaci kažu da je to zbog načina na koji VR utječe na vezu između očiju i mozga.

*„U virtualnom okruženju, način na koji vidimo i djelujemo se mijenja zato što si možda projiciramo u oči nešto što se čini vrlo daleko, a zapravo je samo nekoliko centimetara od našeg oka“*

**kaže Walter Greenleaf, bihevioralni neuroznanstvenik koji je proučavao VR u medicini više od 30 godina i koji radi na Sveučilištu Stanford u Laboratoriju za virtualnu ljudsku interakciju.**

U stvarnom životu oči se prirodno prilagode i usredotoče na određenu točku u prostoru i naš mozak je naviknut da spoji dva podražaja u jedan. No, virtualna stvarnosti ih razdvaja, što zbunjuje naš mozak.

Neki proizvođači su ograničili uporabu VR i postavili dobnu granicu na 13, a Playstation VR čak i na 12 godina. Zapravo i svi proizvođači kažu da VR ne bi trebalo koristiti bez nadzora odraslih. Imajući to na umu, važno je da su učitelji uvijek prisutni kada se VR upotrebljava u učionici i da pažljivo motre na eventualne pojave poput nekontroliranog trzanja mišića ili gubitka ravnoteže kao signala potencijalnog problema.\* Kako bi se izbjegle ove nuspojave, predlaže se često činiti pauze, prilagoditi VR naočale, pričvrstiti ili olabaviti remenčice i prilagoditi si fokus ili udaljenost od oka.\*\*

\* <https://amp.cnn.com/cnn/2017/12/13/health/virtual-reality-vr-dangers-safety/index.html>

\*\* <https://www.vesttech.com/4-health-risks-from-using-virtual-reality-headsets/>

Stranica sa sigurnosnim uputama za HTCov Vive kaže „Dok nosite VR naočale slijepi ste za svijet oko vas. Nemojte se oslanjati na sustav za zaštitu samog proizvoda.“ Zato je vrlo važno da učionica bude sigurna za provođenje VR aktivnosti. Ne bi smjelo biti nikakvih prepreka na podu ili području djelovanja.<sup>1</sup> Vodič za sigurnost i zaštitu zdravlja kod uporabe VR<sup>2</sup> naglašava i da je važno ostati u sjedećem položaju prilikom uporabe naočala, osim u slučaju kada sadržaj zahtijeva stajanje.

Kako bi izbjegli iritaciju očiju, važno je održavati higijenu naočala. Treba ih očistiti poslije svake uporabe bezalkoholnim antibakterijskim maramicama i suhom krpom od mikrovlakana za leće. Odlagati ih treba negdje gdje neće prikupljati prašinu. S vremena na vrijeme dobro je i očistiti ih puhanjem zraka. A ljudi koji imaju neku zaraznu bolest ne bi trebali djeliti naočale s drugima.<sup>3</sup>

Virtualna stvarnost nije pogodna za postizanje svakog cilja . Postoje neki scenariji u poučavanju kada se može koristiti, a postoje i neki kada ne bi trebalo upotrebljavati VR.<sup>4</sup> Neki autori tvrde da Virtualna stvarnost može biti pohranjena u centru za pamćenje u mozgu na slične načine kao i naša iskustva stvarnog svijeta.

Iako može biti vrlo korisna u obrazovanju, VR može imati ozbiljne emocionalne i psihološke posljedice ukoliko sadržaj nije primjeren. Borba, ili sadržaj koji izaziva nasilje ili nervozu i strah, može uzrokovati fizičku reakciju, uključujući ubrzani rad srca i povećani krvni tlak, a može inducirati i psihološke reakcije poput anksioznosti, straha pa čak i PTSPa. Bailens mudro savjetuje: „Kad biste to radili u stvarnom svijetu, kako bi to utjecalo na vas? Tako treba pristupati virtualnoj stvarnosti. Kada se dobro upotrebljava, naš mozak vjeruje da je to stvarnost“ . Zbog toga sadržaj mora biti obrazovni, mora inspirirati i biti prilagođen<sup>5</sup> dobi.

Kao zaključak, uporaba VR tehnologije u obrazovne svrhe ima mnoge prednosti. Učitelju daje nove oblike i metode vizualizacije i prezentacije koji mogu stvarno promijeniti obrazovanje i učenicima pružiti uzbudljivije i vrednije načine učenja. Ali upak postoje i određeni rizici i nedostaci koje također treba uzeti u obzir.<sup>6</sup> No, kao i uvijek kad se koristi tehnologija, neki od tih rizika mogu se eliminirati pravilnom uporabom i pridržavanjem uputa.

[1] <https://amp.cnn.com/cnn/2017/12/13/health/virtual-reality-vr-dangers-safety/index.html>

[2] <http://www.classvr.com/health-and-safety/>

[3] Ibid.

[4] Pantelidis (2009)

[5] <https://amp.cnn.com/cnn/2017/12/13/health/virtual-reality-vr-dangers-safety/index.html>

[6] Pantelidis (2009)

# TERMINOLOGIJA I OPĆENITO OBJAŠNENJE VIRTUALNE STVARNOSTI

Na početku ovog priručnika definirana je Virtualna, Proširena i Mješana stvarnost, a u ovom dijelu će detaljnije biti objašnjeno što je zapravo Virtualna stvarnost.

## 1. RAZLIČITE VRSTE SUSTAVA VR

Postoje dvije vrste VR sustava s obzirom na način upotrebe fizičkih tehnologija.

- Sustavi koji ne „uranjaju“ korisnika u virtualni svijet: bazirani su na uporabi monitora, miša ili zaslona na dodir. Jednostavniji su i jeftiniji, te idealni za obrazovanje na daljinu preko interneta.
- Sustavi koji „uranjaju“ korisnika u virtualni svijet: ne dozvoljavaju kontakt sa stvarnim svijetom. Najusavršeniji sustavi omogućavaju korisniku osjećaj „uronjenosti“ u virtualni svijet.

Fenomen uronjenosti može se doživjeti kroz 4 različita modela, ovisno o strategiji koja se upotrebljava za stvaranje iluzije.

### Postoji:

- **osobna kabina**
- **grupna kabina**
- **pećina ili spilja:**

bazira se na uporabi više okomito postavljenih velikih ekrana koji stvaraju trodimenzionalnu pećinu (spilju) u koju se smješta grupa korisnika. Od njih, jedan preuzima ulogu navigacije, dok se ostali posvećuju vizualizaciji dinamičnog VR okruženja u stvarnom vremenu.

- **izolirani korisnik (HMD)**

HMD (zaslon za postavljanje na glavu) je uređaj koji se nosi na glavi ili kao dioVR naočala. Na korisnikovo vidno polje djeluje tako da on ne opaža ono što ga okružuje, te se tako može potpuno prepustiti virtualnoj stvarnosti jer će primjećivati samo one slike koje proizvodi računalo i koje se reproduciraju na ekranu.

\* <https://amp.cnn.com/cnn/2017/12/13/health/virtual-reality-vr-dangers-safety/index.html>

\*\* <https://www.vesttech.com/4-health-risks-from-using-virtual-reality-headsets/>

## POSTOJE 3 GLAVNE KATEGORIJE NAOČALA ZA VIRTUALNU STVARNOST:

**Mobilne naočale** : to su zapravo kućišta koja nemaju vlastiti ekran ili procesor nego služe tome da se u njih postavi mobitel preko kojeg se reproduciraju slike. Npr: Gear VR from Samsung, Google Cardboard



Examples of Samsung Gear VR and Google cardboard  
(Retrieved from: [www.amazon.com](http://www.amazon.com))

### Provjeriti tehničke postavke:



- Kompatibilnost s mobitelom (veličina ekrana i operativni sustav)
- Sustav za držanje
- Trajanje baterije telefona prilikom igranja igrica
- Dobra cirkulacija zraka kako bi se spriječilo pretjerano zagrijavanje

**Naočale bez procesora**: uključuju vlastiti ekran sa sensorima ali su povezane s vanjskim uređajima (uglavnom osobnim računalom) kako bi primali slike. Primjeri: Oculus Rift, PlayStation VR, HTC Vive.



Example headset without processor: HTC Vive and Oculus Rift  
(Retrieved from: [www.amazon.com](http://www.amazon.com))

### Provjeriti tehničke postavke:



- Snaga računala
- Broj i dužina kablova
- Jednostavna instalacija uređaja
- Potreban prostor za uporabu uređaja
- Kapacitet memorije

**Samostalne naočale:** su one koje sadrže sve potrebne komponente, poput kućišta, ekrana, senzora i procesora. Primjer: Oculus Go, Pico Neo CV



Oculus Go headset  
(Retrieved from: [www.amazon.com](http://www.amazon.com))



**Provjeriti tehničke postavke:**

- Vrijeme trajanja i punjenja baterije
- Kapacitet memorije

## OBILJEŽJA NAOČALA ZA VR

Sve VR naočale imaju neki način praćenja pokreta, no iako postoji značajna razlika u načinima na koje određeni modeli funkcioniraju, možemo ih podijeliti u dvije skupine:

- Nepomične (3DoF)
- Pomične (6DoF)

### Stupnjevi slobode (DoF)



**3 Stupnjevi slobode**



**6 Stupnjevi slobode**

Source: [aniwaa.fr](http://aniwaa.fr) (adapted from @YuukiOgino)

## 6 STUPNJEVA ČINI:

**Rolling:** kada glava okrećemo s jedne na drugu stranu

(npr. kada virimo iza ugla)

**Pitching:** kada glavu mičemo vertikalno

(npr. kada gledamo gore dolje)

**Yawing:** kada glavu okrećemo horizontalno

(npr. kada gledamo lijevo desno)

**Elevating:** kada se osoba kreće gore dolje

(npr. čučne pa se digne)

**Strafing:** kada se osoba miče lijevo desno

(npr. hoda postrance)

**Surging:** kada se osoba miče naprijed natrag

(npr. kada hoda)

## 3 STUPNJA SLOBODE (DOF) – ROTACIJA

Prva tri rotacijska stupnja bilježi većina senzora zaslona za postavljanje na glavu. Kada naginjemo i okrećemo glavu, zaslon osjeti pokret i prema tome mijenja prikaz.

Rotacijski pokreti bilježe se u inercijskim mjernim jedinicama (IMU) koje se sastoje od akcelerometra, žiroskopa i magnetometra. Njima se mjeri brzina zaslona, orijentacija i gravitacijske sile koje utječu na rotacijsku orijentaciju i pokrete. Ovakvi zasloni često se reklamiraju kao „9DoF“, jer se dodaje do 3 DoF koja zabilježi svaka mjerna jedinica. U stvarnosti akcelerator, žiroskop i magnetometar mjere ista 3 DoFa.

U biti ovi alati omogućavaju uređaju da izmjeri kako se kreće u 3 različita tipa rotacije (3 DoF). Ovi senzori registriraju određene pokrete korisnika i prevode ih na način da njih VR program koji se upotrebljava može reagirati.



## 6 STUPNJEVA SLOBODE (DOF) – ROTACIJA I POMICANJE

### POKRETI POMICANJA

3D pokreti pomicanja su pokreti lijevo/desno, naprijed/natrag i gore/dolje. Njih obično prati vanjska kamera ili slični senzori. Samo neki zasloni koriste senzore koji su njihov sastavni dio.

Mogućnost praćenja pokreta pomicanja potrebna je za praćenje položaja i sposobnost određivanja položaja predmeta u 3D okruženju.

Ovdje se trima rotacijskim pokretima pridružuju 3 ostale vrste pokreta koje omogućavaju osobi da se fizički kreće u virtualnom prostoru, umjesto da samo stoji na jednom mjestu.

Uz pomoć 6 DoF prate se i naočale i upravljači koje korisnik nosi. To se postiže ili uporabom vanjskih senzora koji bilježe pokret ili se senzori pričvrste na same naočale, te konstantno prenose položaj naočala i upravljača do računala.

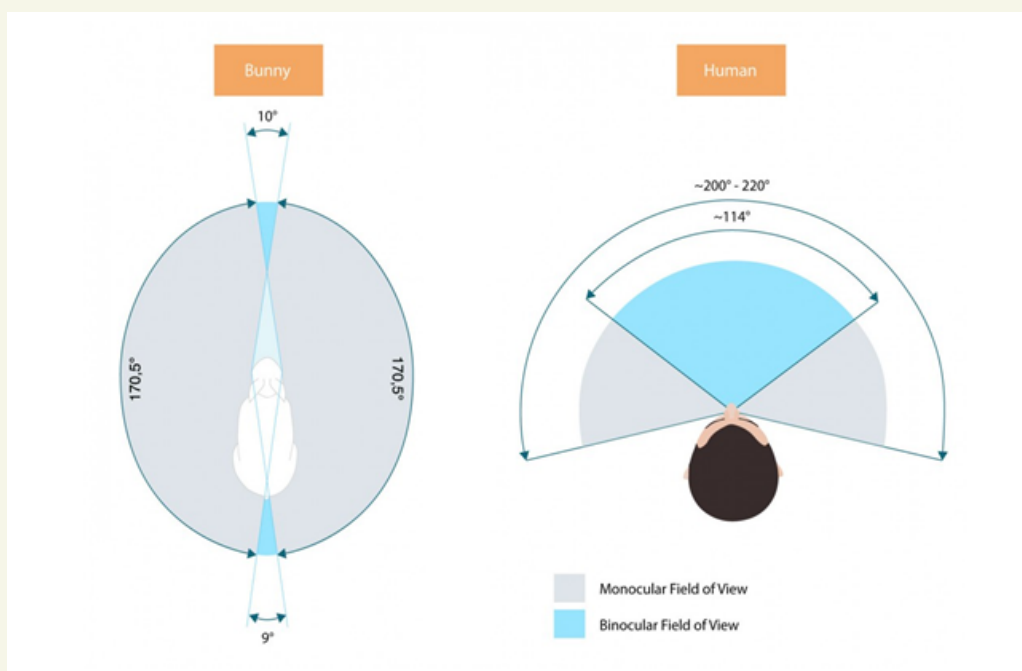
### A. REZOLUCIJA

Budući da je ekran iznimno blizu očima, neophodno je da je rezolucija najviša moguća. Što je viša, bolji će biti doživljaj. U suprotnom doći će do efekta rešetke i pikselacije.

Drugi kriterij je dubina crne boje. Kod klasičnih LCD ekrana, LED ili FULL-LED LCD ekrana crna nije „duboka“ tj. izgleda tamno siva. Kod ekrana OLED i AMOLED tehnologije crni pikseli su zaista crni. Kontrast (prijelaz s tamna na svijetla područja) zato je mnogo bolji.

## A. VIDNO POLJE (FOV)

Ljudsko vidno polje je binokularno stereoskopsko te omogućava zapažanje 3D predmeta pod kutem od otprilike 114 stupnjeva.



Source: VR Lens Lab

Par leća na naočalama omogućava standardni pogled na ekran. Te posebne leće određuju vidno polje. Ukoliko je ono široko omogućava dobar doživljaj, a ključni čimbenik za dobro iskustvo je savršeno podudaranje između vidnog polja i veličine ekrana.

## C. STUPANJ INTERAKCIJE

Ideja interakcije povezana je sa sposobnosti aplikacije da detektira unos korisnika i odmah promijeni virtualni svijet i radnje u njemu (reaktivna sposobnost)

**360° VIDEOS:** jedina moguća interakcija je micati video pod kutem pod kojim želimo gledati.



Source: airpano.com

**Kinect** je uređaj koji dopušta korisniku da upravlja njime bez tradiciionalnih fizičkih ograničenja, preko sučelja koje se temelji na gestama, pokretima, glasu, prepoznavanju oblika i slika.

**Tracking:** ovi uređaji mogu se koristiti kao alati za interakciju s virtualnim svijetom. Da bi to bilo moguće, prijemnik se spaja s bežičnim upravljačem (wanda)



Example of different wireless controllers  
Source: [www.amazon.com](http://www.amazon.com)

- Head tracking
- Eye tracking
- Hand tracking
- Room scale tracking

**Mobile phones:** suvremeni mobilni uređaji imaju senzore koji im omogućavaju da mjere svoj položaj, orijentaciju ili brzinu kretanja. Zato ih je moguće koristiti kao sustave za interakciju (slično kao Wii daljinski upravljač). Koristimo androide za interakciju u virtualnom svijetu.

## D. INDIVIDUALNA I SURADNIČKA OKRUŽENJA

**Individualna:** Samo jedna osoba može ostvariti interakciju s virtualnim svijetom (video igrice za jednog igrača, 3D kina i sl.)

**Suradnička:** Moguće je da više od jedne osobe dijeli isti virtualni svijet i ostvaruje interakciju s njime ili među sobom.

## SAŽETAK

Učenje i poučavanje uz pomoć Virtualne stvarnosti, kao što je prije navedeno, ima mnogobrojne prednosti, poput vizualizacija koje inače ne bi bile moguće u učionici, poticanja interesa i povećanog aktivnog sudjelovanja.

Također nudi učenje uz manje truda jer se temelji na stvaranju iskustava. Emotivna veza koja se stvara pri ovakvom iskustvu potiče motivaciju i ima velik utjecaj na procese učenja. Kao moćan alat, nudi učenicima vještine koje vežemo uz zadatke poput istraživanja, interpretiranja, analiziranja, rješavanja problema i komuniciranja.

Budući da postoji veliki izbor aplikacija, VR nastoji poboljšati kvalitetu obrazovanja u mnogim različitim područjima. Uloga učitelja se mijenja: od osobe koja daje upute, do posrednika koji

# BIBLIOGRAPHY

- 4 Health Risks From Using Virtual Reality Headsets, <https://www.vesttech.com/4-health-risks-from-using-virtual-reality-headsets/>
- Adamo-Villani, N., Carpenter, E., & Arns, L. (2006). An immersive virtual environment for learning sign language mathematics. ACM Proceedings of SIGGRAPH 2006 - Educators, Boston, ACM Digital Library, New York: ACM Publications.
- and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality", Themes In Science And Technology Education, Special Issue: 59-70
- Bailenson, J., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A., Lundblad, N. and Jin, M. (2008). The use of immersive virtual reality in the learning sciences: digital transformations of teachers, students and social context, *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 17, pp.102-141.
- Bambury, S. (2018), Exploring Mathematics in VR, 4 June. Retrieved from <https://www.virtualiteach.com/single-post/2018/06/04/Maths-in-VR>
- Barilli E. C. V. C. Virtual Reality Technology as an Didactical and Pedagogical Resource in Distance Education for Professional Training, *Distance Education*, 2012 <https://www.intechopen.com/books/distance-education/the-technology-of-virtual-reality-as-a-pedagogical-resource-for-professional-formation-in-the-distan>
- Barilli E. C. V. C.; Ebecken N. F. F.; Cunha G. G.. The technology of virtual reality resource for formation in public health in the distance: an application for the learning of anthropometric procedures. *Ciência, saúde coletiva* vol.16, supl.1, Rio de Janeiro, 2011.
- Becker, F. Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos. Porto Alegre. *Paixão de Aprender*, No. 5:18-23, 1993.
- Butler, S.K. (2003). Helping urban African American high school students to excel academically: the roles of school counselors, *The High School Journal*, Vol. 87, No. 1, pp.51-57.
- Costa N.; Melotti M. Digital Medias in Archaeological Areas, *Virtual Reality, Authenticity and Hyper-Tourist Gaze*, *Sociology Mind*, Vol. 2, No. 1, 53-60, 2012.
- Costa R. C.; Vidal L. A. Experimentando um Ambiente Virtual com Pacientes Neuropsiquiátricos. Comunicação apresentada na II Conferência Internacional. Challenges, 2001.
- Crosier, J., Cobb, S. and Wilson, J. (2000). „Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity”, *Education and Information Technologies*, 5 (4): 329 – 343
- Da Rold, F. (2018), Defining embodied cognition: The problem of situatedness. *New Ideas in Psychology*, Vol. 51, pp.9-14
- Delialioglu, O. (2012). Student engagement in blended learning environments with lecture-based and problem-based instructional approaches, *Journal of Educational Technology and Society*, Vol. 15, No. 3, pp.310-322
- Dube, S. R., & Orpinas, P. (2009). Understanding Excessive School Absenteeism as School Refusal Behavior, *Children & Schools*, Vol. 31, No. 2, pp.87-95
- Faller, M. B. (2018). ASU online biology course is first to offer virtual-reality lab in Google partnership, 23 August. Retrieved from <https://asunow.asu.edu/20180823-solutions-asu-online-biology-course-first-offer-virtual-reality-lab-google-partnership>
- Farmer, R., & Sundberg, N. D. (1986). Boredom proneness - the development and correlates of a new scale. *Journal of Personality Assessment*, Vol. 50, No. 1, pp.4-17.
- Ferriter, B. (2016). Tool Review: #GoogleExped.s. Virtual Reality App. The Tempered Radical, 9 March. Retrieved from <http://blog.williamferriter.com/2016/03/09/tool-review-googleexpeditions-virtual-reality-app/>
- Harris, M. B. (2000). Correlates and characteristics of boredom proneness and boredom., *Journal of Applied Social Psychology*, Vol. 30, No. 3, pp.576-598.
- <https://insights.samsung.com/2016/06/22/promote-stem-learning-success-with-virtual-reality-in-education/>
- Hu-Au, E. and Lee, J. (2017). Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age, *Innovation in Education*, 4(4): 215 – 226
- Kaufman, H. Virtual Environments for Mathematics and Geometry Education, THEMES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION Special Issue, Pages 131-152, Klidarithmos Computer Books, 2009.
- Kaufmann, H.; Dünser, A. Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. In R. Shumaker (Ed.), *HCI International Conference (HCII 2007) Vol. 14*, (pp. 660-669). Beijing, China: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kirner Claudio; Siscouto Robson. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Livro do Pré-Simpósio IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis – RJ, May, 2007.
- Larson, R. W., and Richards, M. H. (1991). Boredom in the middle school years: Blaming schools versus blaming students. *American Journal of Education*, Vol. 99, No. 4, pp.418-443.
- Lau, K. and Lee, P. (2015), The use of virtual reality for creating unusual environmental stimulation to motivate students to explore creative ideas, *Interactive Learning Environments*, Vol. 23, No. 1, pp.3-18.
- Lima A. J.; Haguenaer C.; Cunha G.. A Realidade Aumentada no Ensino de Geometria Descritiva. GRAPHICA, Curitiba, 2007.
- Machkovech, S. (2017). Crazy VR game lets you explore a world made from 4D mathematical models, 6 March. Retrieved from <https://arstechnica.com/gaming/2017/06/learn-the-ways-of-the-fourth-dimension-with-a-bonkers-vr-playset/>
- Middle School., *Penn GSE Perspectives on Urban Education*, Vol. 9, No.1.
- Mora, R. (2011). “School Is So Boring”: High-Stakes Testing and Boredom at an Urban
- O'Brien, S. (2016) Exped.s. Career Tours can take Kids to Work, *Virtually..* 28 April. Retrieved from <https://www.blog.google/outreach-initiatives/education/expeditions-career-tours-can-take-kids/>
- Pantelidis, V. (2009). „Reasons to Use Virtual Reality in Education
- Passig, D., Klein, P and Neuman, T. (2001). Awareness to Toddlers' Initial Cognitive Experiences with Virtual Reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 17, No. 4, pp.332-344.
- Pekrun, R., Goetz, T., Daniels, L. M., Stupnisky, R. H., & Perry, R. P. (2010). Boredom in achievement settings: Exploring control-value antecedents and performance outcomes of a neglected emotion., *Journal of Educational Psychology*, Vol. 102, No.3, pp.531-549
- Porter, C.G. (2015), Hands-on: Creating Magical Machines with 'Fantastic Contraption' on HTC Vive, *Road to VR*, 21 August, Retrieved from <http://www.roadtovr.com/fantastic-contraption-htc-vive-hands-on-pax-prime-2015/>
- Shavit, M. (2005), The Impact of Virtual Reality on the Educators Awareness of Cognitive, Emotional and Social Experiences of a Dyslectic student. Masters thesis submitted to the School of Education, Graduate Program of ICT in Ed., Bar Ilan University, Israel: Ramat-Gan.
- The Body VR, *Journey inside a Cell*. Retrieved from <https://thebodyvr.com/journey-inside-a-cell/>
- The Very Real Health Dangers Of Virtual Reality, <https://amp.cnn.com/cnn/2017/12/13/health/virtual-reality-vr-dangers-safety/index.html>
- Virtual Reality Headset Hygiene Best Practices, <https://vrcover.com/virtual-reality-headset-hygiene-best-practices/>
- Virtual Reality Health & Safety Usage Guide, <http://www.classvr.com/health-and-safety/>
- Winn, W., & Bricken, W. Designing virtual worlds for use in mathematics education: The example of experiential algebra. *Educational Technology*, 32(12), 12-19, 1992.
- Winn, W., Hoffman, H., Hollander, A., Osberg, K., Rose, H. and Char, P. (1997). The effect of student construction of virtual environments on the performance of high-and low-ability students, Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association ResearchGate, Chicago, IL.
- Yeh, A., & Nason, R. VRMath: A 3D microworld for learning 3D geometry. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Lugano, Switzerland (2004).
- Zaino, J. (2016). Promote STEM Learning Success With Virtual Reality in Education, 22 June. Retrieved from



# Erasmus+

Korisnici programa Erasmus+. Potpora Europske komisije proizvodnji ove publikacije ne predstavlja potporu sadržaju koji odražava samo stavove autora i Komisija ne može biti odgovorna za uporabu sadržanih informacija.

Project code: 2018-1-FR01-KA201-048197



**Math  
Reality**