
THE INFLUENCE OF USING DIGITAL SIMULATIONS ON STUDENTS' ACHIEVEMENTS IN WAVE OPTICS

Ivana Krulj

Academy of applied technical and preschool studies, Serbia, ivana.krulj@gmail.com

Abstract: Judged by the presence of digital technologies in all aspects of life, a question is posed: Is utilization of digital resources in applied studies actually the same as in traditional teaching, with the intermediaries and internet resources (such as virtual laboratories, simulations and animations of certain phenomena) accessibility being the only difference, thus creating possibilities for different teaching approach. For a long period of time, there have been digital contents on foreign addresses, but also the ones translated to different languages worldwide. In this article, an example of certain Wave optics simulations utilization and description of the way students learned are given. What turned out as a conclusion, is that their achievements are significant, which is also shown in the article. Visualizations of certain phenomena and quantities using digital simulations as quicker and more efficient way of apprehending certain contents emerge as questions for some Physics teaching topics.

Keywords: digital simulations, diffraction of light, students' achievements

UTICAJ UPOTREBE DIGITALNIH SIMULACIJA NA POSTIGNUĆA STUDENATA U TALASNOJ OPTICI

Ivana Krulj

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Srbija, ivana.krulj@gmail.com

Rezime: Polazeći od prisutnosti digitalnih tehnologija u svim sferama života, postavlja se pitanje da li je u visokom strukovnom obrazovanju upotreba digitalnih resursa zapravo ista kao i u tradicionalnoj nastavi samo posredstvom novog medijuma, ili dostupnost internet resursa, kao što su virtualne laboratorije, simulacije i animacije određenih pojava, otvaraju mogućnosti drugačijem pristupu nastavi. Već dugi niz godina postoje digitalni sadržaji na inostranim adresama, ali i sa prevodom na mnoge jezike sveta. U ovom radu je dat primer upotrebe određenih simulacija iz talasne optike, i opisan način kako su studenti učili. Prikazano je nekoliko primera za izučavanje difrakcije i interferencije svetlosti. Posredstvom ovih primera vizuelizovana je talasna priroda svetlosti, odnosno prikazano je kako je moguće uvoditi periodičnost elektromagnetnih talasa istovremeno i u prostoru i u vremenu. Pokazalo se da su a postignuća studenata u ovoj oblasti značajna, što je takodje prikazano u ovom radu. Značaj ovog rada ogleda se u tome što se ukazuje kako veličine i pojave koje nisu dostupne čulnoj detekciji mogu postati lako opservabilne i time omogućiti bolje i kvalitetnije učenje. Otvara se i pitanje vizuelizacije drugih veličina i pojava posredstvom digitalnih simulacija kao brži i efikasniji način usvajanja određenih sadržaja, za druge teme nastave fizike.

Ključne reči: digitalne simulacije, difrakcija svetlosti, postignuća studenata

1. UVOD

U dostupnoj literaturi koja se odnosi na nastavu fizike nije utvrđeno da je proveravan uticaj upotrebe digitalnih veb simulacija iz talasne optike na postignuća učenika u toj oblasti, ni na kom nivou školovanja u Srbiji. Autori je bio zainteresovan za procenu efekata koji bi pomenuti pristup mogao da ima na postignuća u oblasti difrakcije/interferencije svetlosti.

Osnovni cilj istraživanja bio je provera uticaja primene vizuelnih simulacija određenih pojava i zakonitosti na postignuća studenata na posttestu iz Talasne optike.

2. TEORIJSKA OSNOVA

Neke od identifikovanih poteškoća studenata u učenju talasne optike su primena geometrijske optike za objašnjavanje prostiranja svetlosti kroz uske otvore, neprepoznavanje značaja pojmova optičke dužine puta, faze i fazne razlike, i pamćenje algebarskih formula bez razumevanja njihovog značenja. Otkriveno je da studenti često pogrešno veruju da se odstupanje svetlosti od pravca pravolinijskog prostiranja prilikom prolaska kroz uski prorez može objasniti time što se svetlost difraktuje samo na rubovima proreza. Jedan od čestih uzroka učeničkih poteškoća pri učenju talasne optike, jeste njihova kognitivna opterećenost koja je posledica istovremenog razmišljanja o prostornim i vremenskim aspektima talasnog kretanja. Kao problem u razumevanju interferencije, difrakcije i

polarizacije svetlosti navodi se njihova međusobna odvojenost kroz poučavanje ali i nemogućnost baziranja učenja na konkretnim predkonceptijama jer pojave iz talasne optike uglavnom nisu intuitivne.

Kognitivna obrada sadržaja učenja dešava se u spregnutom sistemu njihovih internih i eksternih reprezentacija, te bi vizuelizacija pojava mogla olakšati razumevanje difrakcije i interferencije svetlosti. Postoje preporuke da se od učenika za proučavanje difrakcije na jednom prerezu zatraži verbalni opis difrakcionih slika, a tek nakon toga da se izvrše odgovarajuća merenja i matematička formulacija.

Prednost vizuelnih veb simulacija je u tome da se njihovim korišćenjem određena pojava može posmatrati sa prekidima i sa ponavljanjem, da se u okviru njih slikovito mogu prikazati i veličine nedostupne čulima u realnom posmatranju. Iako se intenzitet osvetljenosti interferentne slike vizuelno percipira, procesi, u prostoru od izvora svetlosti do zaklona, koji nisu čulno opsehbavabilni, mogu se vizuelizovati predstavljanjem svetlosnih talasa sinusoidama ili fazorima, mogu se vizuelizovati talasni frontovi i pravci propagacije svetlosnih talasa, adicija sinusoida, fazne razlike.

Postoje pokazatelji da u određenim oblastima fizike rad u virtualnim laboratorijama doprinosi boljim postignućima studenta u odnosu na rad u realnom okruženju.

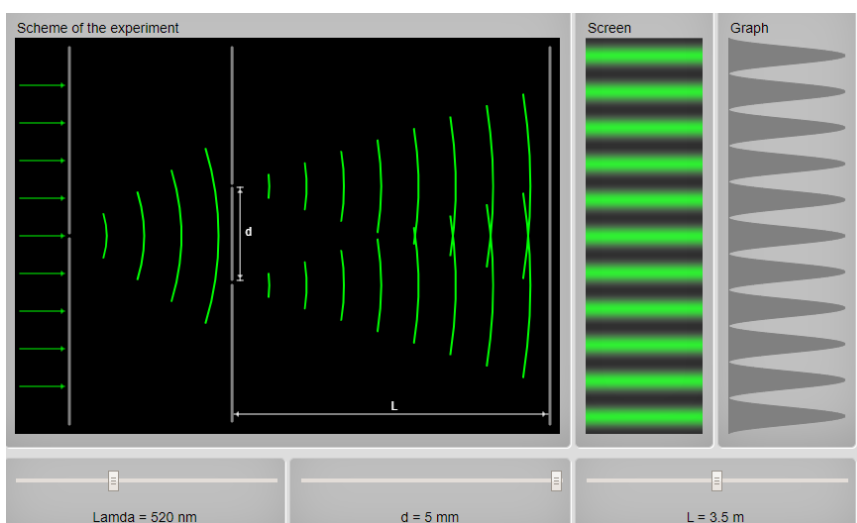
Određene analize pokazuju da je kod studenata koji umereno koriste računare u školi tendencija ka boljim postignućima izraženija a odnosu na one studente koji ih malo koriste. Medjutim studenti koji često koriste računare u školi imaju lošija postignuća za većinu ishoda, čak i kada se u analizu uvrste socijalni i demografski faktori. Ovakvi rezultati objašnjavaju se time da je u osnovi dubokog konceptualnog razumevanja intenzivna interakcija nastavnika i studenata a tehnologija ponekad odvlači pažnju sa pomenutog vrednog ljuskog angažovanja. Druga interpretacija upućuje na to da postoji raskorak između tehnologije 21. veka i još uvek prisutne nastave 20. veka i opasnost od umanjivanja efikasnosti takve nastave.

Ukoliko učenje putem simulacija nije strukturirano studenti se mogu naći u situacijama da zbog velikog broja mogućnosti ne uče zaista, dok ih pak visoko strukturirana upotreba simulacija može ograničiti u istraživačkom pristupu. Scaffolding omogućava studentima izgradnju strukture pojmova i razumevanja određene pojave ali može biti frustrirajuća za njih, dok se Scripting-om ostvaruje kontrola interakcije ali sa prisutnim gubitkom vrednosti otvorenog istraživanja[1]. Sa druge strane simulacija je najprimereniji metod za restrukturiranje postojećih znanja i može pomoći studentima da prevaziđu izgrađene pogrešne koncepte i usvoje naučne koncepte.

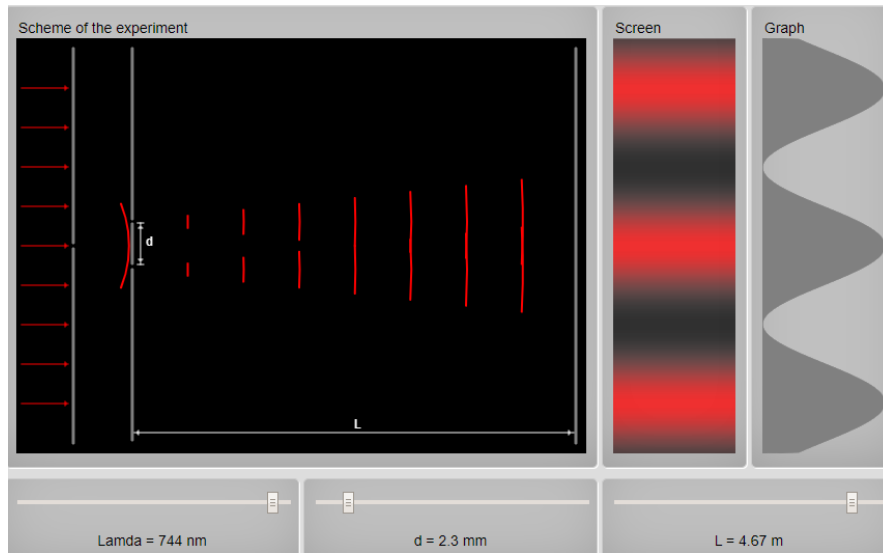
3. UPOTREBA DIGITALNIH SIMULACIJA

Kada je reč o dizajnu i implementaciji sadržaja vodilo se računa o pretkonceptijama i znanju iskazanom na pretestu, pri čemu su studenti usmerivani na istraživanje pre formalnog iskazivanja zaključaka, i pozivani da iskažu sopstvene ideje o posmatranoj pojavi.

Studenti su vođenim upitnikom dolazili do zaključaka koji se odnose na pojave difrakcije svetlosti dva proreza koristeći aplet sa <http://www.vtorov.com/interf.htm>. U apletu se mogu birati talasna dužina svetlosti, rastojanje između proreza i rastojanje između proreza i zaklona, kao što je prikazano na slikama 1 i 2.



Slika 1. Interferencija zelene svetlosti



Slika 2. Interferencija crvene svetlosti

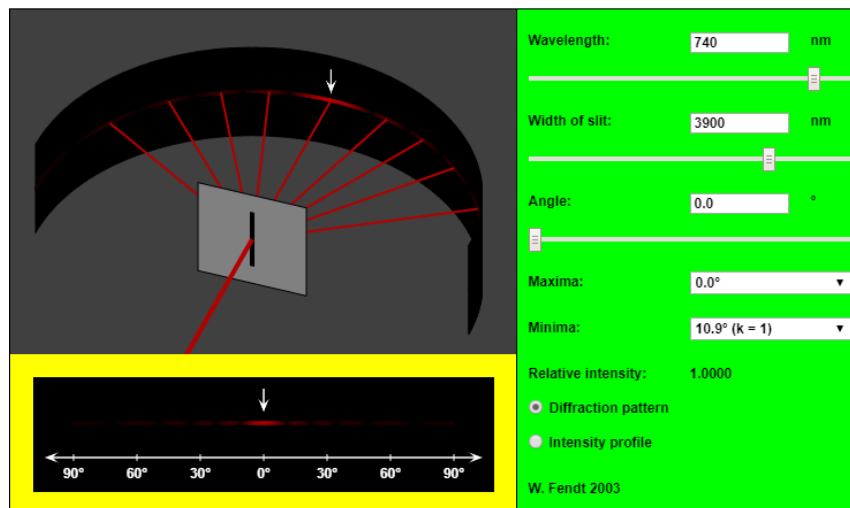
Aplet koji je omogućio deo predavanja sa demonstracijom dizajniran sa izborom talasne dužine pozicije izvora svetlosti, amplitude talasa, razmaka medju prorezima je sa adrese:

http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/youngexpt4.htm

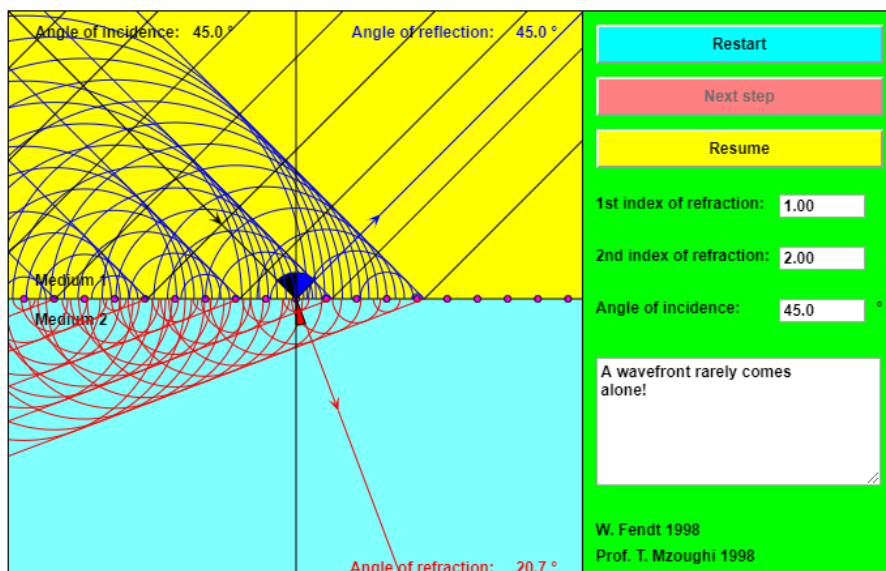
Talasna priroda svetlosti i Hajgensov princip demonstriran je pomoću apleta sa adresa:

https://www.walter-fendt.de/html5/phen/singleslit_en.htm (slika 3) i

https://www.walter-fendt.de/html5/phen/refractionhuygens_en.htm (slika4).



Slika 3. Difrakcija crvene svetlosti na jednom prorezu



Slika 4. Hajgensov princip

U *Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion*, prikazani su rezultati koji pokazuju da se digitalne simulacije mogu koristiti kao komplementarne ili alternativne drugim instruktivnim alatima u cilju olakšavanja razumevanja koncepta brzine i ubrzanja. Upotreba simulacija u nastavi otvara važna istraživačka pitanja. S obzirom na to da studenti nisu nikada imali priliku da uče putem bilo kojih digitalnih simulacija, postavljena hipoteza bila je: Upotreba digitalnih simulacija u nastavi doprinosi boljim postignućima studenata u Talasnoj optici. U opisanom istraživanju učestvovalo je 62 studenata prve godine studija na Visokoj školi primenjenih strukovnih studija u Vranju (22 females, 40 males), starosti između 19 i 20 godina. Studenti su pohađali zajednički uvodni kurs Fizika u okviru pet različitih studijskih programa. Nastava fizike bila je organizovana tokom 15 sedmica sa nedeljnim fondom 2+2 časa predavanja i računskih vežbi respektivno. Časove teorijske nastave studenti svih studijskih programa pohađali su istovremeno. Pretestiranje je izvršeno u oktobru 2018. godine. Nastava o Talasnoj optici i posttestiranje u toj realizovani su u januaru 2019. godine. Konceptualni test o talasima kreirali su R. Roedel, T.R. Rhoads, E. Mazur je u *Peer Instruction A User's Manual-Conceptests*, naveo primere konceptualnih pitanja iz raznih oblasti fizike, od kojih su neka od onih koja se odnose na difrakciju svetlosti integrisana u konceptualni test primenjen u istraživanju. U posttest su pored delova navedenih konceptualnih testova bila uključena i pitanja kojima je bilo proveravano razumevanje difrakcije svetlosti na priručnim rešetkama prikazano u *Convenient Reflective Diffraction Gratings in Physics Teaching*.

Uticaj kompjuterskih simulacija na razumevanje gradiva testiran je t-testom za zavisne uzorke.

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	t	sig
pretest	1.15	62	.807	-22.725	.000
posttest	7.06	62	2.261		

Na osnovu značajnosti t-testa može se reći da su rezultati na posttestu značajno veći od rezultata na pretest, čime se pokazuje evidentan napredak u razumevanju gradiva.

4. ZAKLJUČAK

U istraživanju uticaja primene digitalnih simulacija na postignuća studenta iz Talasne optike utvrđen je znatan napredak studenta pre svega u razumevanju talasne prirode svetlosti, razumevanju Hajgensovog principa, i na bazi ovog principa, razumevanju difrakcije i interferencije svetlosti. S obzirom na to da su putem simulacija vizuelizovani, pojmovi, fizičke veličine i pojave koje u svakodnevnom životu nisu čulno opservabilne, ili ne u meri u kojoj bi bila prisutna pouzdanost u čulnom opažanju, studentima je približeno i jasnijim učinjeno gradivo koje pripada redu težih sadržaja kako za razumevanje i učenje tako i za samo predvanje na časovima. Proizilazi zaključak da primena [simulacija u mnogome olakšava nastavni process i otvara mogućnosti za temeljnije pristupe i analize koji leže u osnovi kvalitetnog učenja uopšte.

Doprinos ovog rada prepoznaje se u činjenici da je pokazano da upotreba digitalnih simulacija difrakcije i interferencije svetlosti doprinosi boljim postignućima studenta u Talasnoj optici. Rezultati ovog istraživanja inicira ispitivanje uticaja primene digitalnih simulacije na postignuća studenata u različitim oblastima fizike.

LITERATURA

- Ambrose, B.S., Shaffer, P.S, Steinberg, R. N., & McDermott, L.C (1999a). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, 67, 146-155.
- Colin, P., & Viennot, L. (2001). Using two models in optics: Students' difficulties and suggestions for teaching. *American Journal of Physics*, 69, S36-S44.
- Knight, R. D. (2004). *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*. San Francisco, CA: Addison Wesley
- Colombo, E. M., Jaen, M., & de Cudmani, L. C. (1995). The concept of coherence of learning wave optics. In *SPIE's 1995 International Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation*, 452-458.
- Nersessian, N. (2008). *Creating Scientific Concepts*. Cambridge, MA: MIT Press
- Stefanel, A., Michelini, M., & Santi, L. (2014). Upper secondary students face optical diffraction using simple experiments and on-line measures. *Proceedings of Science, Frontiers of Fundamental Physics 14*. Marseille: Aix Marseille University
- Husnaini S.J., & Sufen Ch. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **15**, 010119
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S, & Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **1**, 010103
- OECD (2015), *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, PISA, OECD Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Hirsch, G. (2002). *Using Dynamic Simulation to Teach Physics in a Real-World Context*.
- Widiyatmoko, A. (2018). The Effectiveness of Simulation in Science Learning on Conceptual Understanding : A Literature Review, *Journal of International Development and Cooperation*, Vol.24, No.1 & No.2, 35-43.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V.(2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion, *Computers & Education* 36, 183–204.
- Thoads, T.R. & Roedel, R.J. (1999). The wave concept inventory-a cognitive instrument based on Bloom's taxonomy. *FIE'99 Frontiers in Education. 29th Annual Frontiers in Education Conference. Designing the Future of Science and Engineering Education. Conference Proceedings (IEEE Cat. No.99CH37011*
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction-A User's Manual-Conceptests*, Pearson Prentice Hall
- Krulj, I., & Nešić, Lj. (2019). Convenient Reflective Diffraction Gratings in Physics Teaching , *The Physics Education*, 54, 025015,