



# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

**2. - 4. октобар 2019. године**  
**Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Дивчибаре  
2- 4. октобар 2019. године**

**Београд  
2019. године**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXX SYMPOSIUM RPSSM  
Divčibare  
2<sup>nd</sup> - 4<sup>th</sup> October 2019**

**Belgrade  
2019**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

2-4.10.2019.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник  
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:

Др Михајло Јовић  
Др Гордана Пантелић

**ISBN 978-86-7306-154-2**

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Михајло Јовић, Гордана Пантелић

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2019.

## KORIŠĆENJE VIRTUELNIH PROGRAMSKIH APLIKACIJA U EDUKACIJI

**Mirjana ĐURAŠEVIĆ<sup>1</sup>, Zorica OBRADOVIĆ<sup>1</sup> i Katarina RAJKOVIĆ<sup>2</sup>**

1) *Institut za nuklearne nauke „Vinča”, Centar za permanentno obrazovanje, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija, [mirad@vin.bg.ac.rs](mailto:mirad@vin.bg.ac.rs), [zoobradovic@gmail.com](mailto:zoobradovic@gmail.com)*

2) *Visoka tehničko tehnološka škola strukovnih studija, Kruševac, [katar1970@yahoo.com](mailto:katar1970@yahoo.com)*

### SADRŽAJ

*Centar za permanentno obrazovanje kao deo Instituta za nuklearne nauke „Vinča” se dugi niz godina bavi dopunskim stručnim obrazovanjem i osposobljavanjem stručnjaka multidisciplinarnih profila koji u svom radu koriste radioaktivne materijale i generatore jonizujućih zračenja. Zajedničko za sve kurseve u Centru, osim visokog kvaliteta obuke, je i stalno praćenje i uvođenje savremenih i novih metoda edukacije.*

*Sve veći razvoj informacionih tehnologija uticao je i na razvoj metoda i tehnika u samom obrazovanju. Najnoviji trend u edukaciji je da se realne laboratorije zamenjuju virtuelnim laboratorijama. Zaposleni u Centru za permanentno obrazovanje odlučili su da svoje kurseve oplemene i obogate primenom virtuelnih programskih aplikacija koje će pomoći da se polaznicima kurseva na jednostavan, lak i zabavan način približe osnovni pojmovi vezani za siguran i bezbedan rad sa radioaktivnim izvorima i generatorima jonizujućih zračenja poštujući sve mere zaštite od jonizujućih zračenja. U ovom radu prikazane su neke od virtuelnih aplikacija koje se koriste u okviru praktičnih vežbi na kursovima iz oblasti osnova radijacione fizike i osnovnih principa zaštite od jonizujućih zračenja.*

### 1. Uvod

Radioaktivnost i jonizujuće zračenje sastavni su deo našeg prirodnog okruženja pa se rizici od izloženosti jonizujućem zračenju ne mogu eliminisati u potpunosti, ali se mogu značajno smanjiti. Sve veća primena izvora jonizujućih zračenja u medicini, industriji i naučnoistraživačkoj oblasti dovela je do potrebe za razvojem koncepta zaštite od jonizujućih zračenja. Stoga je od ključnog značaja da rukovanje radioaktivnim izvorima i generatorima jonizujućih zračenja, kao i rukovanje nuklearnim otpadom, bude u skladu sa određenim standardima bezbednosti koji imaju za cilj da zaštite one koji su izloženi jonizujućem zračenju. Trenutno važeći princip zaštite je zasnovan na činjenici da je izlaganje ljudi zračenju neophodno smanjiti na najmanji mogući nivo. Ovaj princip naziva se ALARA (As Low As Reasonably Achievable) i uveden je kroz publikacije Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja (ICRP) [1].

Međunaradni standardi koje izdaje Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) - Basic Safety Standards, predstavljaju međunarodna dokumenta u kojima su dati osnovni principi, zahtevi i preporuke za zaštitu ljudi i životne sredine od radijacionog rizika [2]. Implementacija Standarda u punoj meri zavisi od postojanja regulatornog tela koje je u svakoj državi odgovorno za radijacionu i nuklearnu sigurnost i bezbednost.

Direktorat za radijacionu i nuklearnu sigurnost i bezbednost Srbije je nezavisno regulatorno telo koje vrši regulatorne, stručne i sa njim povezane izvršne poslove u oblasti radijacione i nuklearne sigurnosti i bezbednosti, u skladu sa Zakonom o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti Srbije [3]. Jedan od aspekata delovanja Direktorata odnosi se i na kontinuirano obrazovanje i obuku lica koja rukuju izvorima zračenja ili se kreću u polju izvora jonizujućih zračenja. Direktorat imenuje ovlašćena pravna lica za dopunsko obučavanje i osposobljavanje koja sprovode dopunska obučavanja u skladu sa pravilnikom Sl. gl. RS 31/2011 u kome je detaljnije definisan program za dopunsko obučavanje i osposobljavanje profesionalno izloženih lica i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja. Obavezan deo svakog programa dopuskog obučavanja su i praktične vežbe koje se mogu realizovati u vidu demonstracija, laboratorijskih vežbi ili simulacija. Celokupna zakonska regulativa koja se odnosi na permanentno obrazovanje profesionalno izloženih lica i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja oslanja se na međunarodne preporuke i standarde [4, 5].

Centar za permanentno obrazovanje Instituta za nuklearne nauke „Vinča” je ovlašćeno pravno lice za dopunsko obučavanje i osposobljavanje profesionalno izloženih lica i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja. U okviru praktičnih vežbi koje se sprovode u Centru uvedeno je i korišćenje virtuelnih programskih aplikacija čiji je cilj da se polaznicima kurseva na jednostavan, lak i zabavan način približe osnovni pojmovi vezani za siguran i bezbedan rad sa radioaktivnim izvorima i generatorima jonizujućih zračenja poštujući sve mere zaštite od jonizujućih zračenja. U ovom radu prikazane su neke od korišćenih virtuelnih programskih aplikacija.

## 2. Virtuelni programi

Savremeni razvoj nauke i tehnologije nameće i potrebu stalnog usavršavanja i edukacije. Doživotno učenje promovisano je tokom sastanka Evropskog saveta u Briselu 2005. godine. U novije vreme pojavljuje se pojam „andraversiti”, koji se odnosi na kontinuirano obrazovanje. Ovakav oblik obrazovanja se u praksi vezuje za netradicionalne oblike visokog obrazovanja koji je uglavnom usmeren na obrazovanje odraslih i predstavlja dopunu neformalnog modela obrazovanja [6].

Uporedna istraživanja koja su sprovedena u Americi, Evropskoj uniji i Kini pokazala su da stalna edukacija i dobra obučenost radnika značajno doprinosi rastu produktivnosti [7]. Savremeni trendovi u obrazovanju su da se u procesu edukacije klasične praktične vežbe laboratorijskog tipa zamenjuju sa praktičnim vežbama uz korišćenje virtuelnih programskih aplikacija. Prednosti ovakvih praktičnih vežbi ogledaju se u tome što su uslovi eksperimenta strogo kontrolisani i što korišćenje virtuelnih programskih aplikacija omogućava korisnicima uvid u način i dinamiku funkcionisanja različitih opcija rešenja određenog problema. Ovakva vrsta praktičnih vežbi donosi uštedu i vremena i novca.

U oblasti korišćenja izvora jonizujućih zračenja edukacija se odnosi na praktičan rad sa radioaktivnim izvorima i generatorima jonizujućih zračenja, poštujući osnovne principe zaštite od jonizujućih zračenja. Korišćenje virtuelnih programskih aplikacija u sistemu edukacije u određenoj meri može da zameni praktičan rad sa radioaktivnim izvorima i samim tim smanji nepotrebna izlaganja jonizujućem zračenju lica na obuci. Značaj virtuelnih programskih aplikacija se ogleda i u tome što može omogućiti profesionalno

izloženim licima da provere postupak i proceduru rada pre praktičnog rada sa radioaktivnim izvorima.

### **3. Primena virtuelnih programa u edukacijama Centra za permanentno obrazovanje**

Centar za permanentno obrazovanje je deo Instituta za nuklearne nauke „Vinča” koji se već 60 godina bavi dopunskim stručnim obrazovanjem. Kursevi koji se organizuju u Centru, a pokrivaju oblast jonizujućeg zračenja, namenjeni su stručnjacima multidisciplinarnih profila koji rade u industriji, medicini i naučnoistraživačkoj oblasti i koji u svom svakodnevnom radu koriste radioaktivne materijale i generatore jonizujućih zračenja. Najvažniji zadatak svakog kursa jeste da se polaznicima približe osnovni principi i mere zaštite od jonizujućih zračenja. Cilj mera zaštite pri radu sa otvorenim i zatvorenim izvorima jonizujućih zračenja je da se izlaganje svede na najmanji prihvatljivi nivo. Da bi se to postiglo treba znati kako vreme, rastojanje i zaštitni ekrani utiču na dozu koju mogu primiti profesionalno izložena lica na svom radnom mestu. Primita doza u polju izvora jonizujućih zračenja je direktno proporcionalna vremenu izlaganja, dok je obrnuto proporcionalna kvadratu rastojanja od izvora jonizujućeg zračenja. Uloga zaštitnih ekrana je da smanji intenzitet zračenja do graničnog nivoa.

Sastavni deo svakog kursa koji se organizuje u Centru predstavljaju praktične vežbe čiji je zadatak da se polaznici upoznaju sa dozimetrijskom instrumentacijom i da im se približe sve mere zaštite od jonizujućih zračenja.

Težnja zaposlenih u Centru za permanentno obrazovanje, prateći najnovije trendove u edukaciji, je da se realne laboratorije kada god je to moguće zamene virtuelnim laboratorijama.

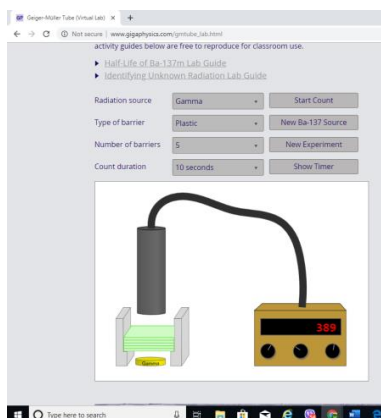
Primena virtuelnih programskih aplikacija u Centru za permanentno obrazovanje dominantna je u nastojanju da se na jednostavan i bezbedan način polaznicima kurseva približe osnovni pojmovi radijacione fizike (vrste jonizujućih zračenja, zakon radioaktivnog raspada, interakcija zračenja sa materijom) kao i osnovni principi zaštite od jonizujućih zračenja. Za tu svrhu se koriste dve programske aplikacije dostupne na internetu [8, 9]. Jedna od tih programskih aplikacija se nalazi na sajtu GigaPhysics/ Geiger-Müller Tube [8], dok je druga razvijena na Univerzitetu Kolorado kao virtuelna hemijska laboratorija/ nuklearna hemija [9]. Na Slici 1 i 2 prikazane su eksperimentalne postavke aparatura koje se koriste u ovim programskim aplikacijama. Osnovni delovi aparatura su detektor zračenja, izvor zračenja i različiti apsorberi. Kao detektor zračenje i u jednoj i u drugoj aplikaciji koristi se GM brojač. Izvor zračenja može se izabrati tako da bude alfa emiter, beta emiter, ili alfa-gama ili beta-gama emiter, dok se kao apsorberi zračenja mogu koristiti papir, karton, aluminijum i olovo različitih debljina.

Kada je reč o zakonu radioaktivnog raspada u okviru programske aplikacije GigaPhysics/ Geiger-Müller Tube moguće je odrediti vreme poluraspada ukoliko za izvor zračenja postavimo Ba-137m. Potrebno je odrediti odbroj na GM brojaču bez prisutnog izvora i sa izvorom Ba-137m. Vreme merenja takođe biramo sami, i u ovom slučaju može biti 10s. Kada stavimo radioaktivni izvor potrebno je da svakih 30s zabeležimo odbroj na GM brojaču i tako bar dvadeset puta. Kada se dobijeni odbroj umanji za odbroj fona dobija se broj raspada koji se desio za 10s. Dobijene vrednosti mogu se uneti u tabelu i ucrtati na grafiku, sa koga je onda moguće odrediti vreme za koje se broj raspada u posmatranom izvoru smanjio na pola [8].

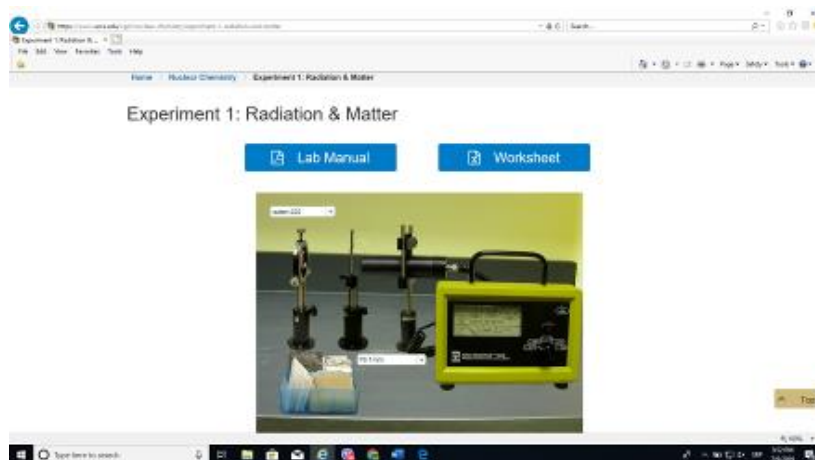
U okviru mera zaštite od jonizujućih zračenja obe virtuelne programske aplikacije se mogu koristiti za ispitivanje uticaja zaštitnih ekrana kao jedne od mera zaštite od jonizujućih zračenja. Jedan deo vežbi odnosi se na merenje određenog izvora bez zaštitnog ekrana i sa različitim vrstama zaštitnih ekrana. Razlika u odbroju koja se dobije na GM brojaču jasno će pokazati koja vrsta materijala se može koristiti kao zaštita od alfa, beta ili gama zračenja. Ovakva vežba može se koristiti i u slučaju merenja nepoznatog izvora, kako bi se odredila karakteristika izvora koja govori o vrsti emitovanog zračenja.

Drugi deo vežbi odnosi se na merenje određenog izvora bez zaštitnog ekrana i sa određenim zaštitnim ekranom ali različitim debljina. Na ovaj način moguće je odrediti poludebljinu apsorbera, tj. debljinu apsorbera koja intezitet zračenja smanjuje na polovinu. Promenom debljine zaštitnog ekrana moguće je odrediti i debljinu koja ostvaruje optimalnu zaštitu od posmatranog izvora jonizujućeg zračenja [8, 9].

U okviru programske aplikacije razvijene na Univerzitetu Kolorado postoji i deo vežbe koji se odnosi na uticaj rastojanja u zaštiti od jonizujućeg zračenja. Zadatak je da se promenom rastojanja izvora prati promena odbroja na GM brojaču i uoči zakonitost koja prati tu promenu [9].



Slika 1. Korišćenje GM brojača u virtuelnoj softverskoj aplikaciji [8].



Slika 2. Korišćenje GM brojača za usvajanje i bolje razumevanje znanja iz osnova radijacione fizike [9].



### 4. Zaključak

Prateći savremene trendove u obrazovanju Centar za permanentno obrazovanju Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ radi na stalnom osavremenjavanju svojih kurseva. Kursevi koji se organizuju za potrebe edukacije profesionalno izloženih lica koji rukuju sa izvorima jonizujućih zračenja, ili se kreću u polju zračenja podrazumeva teorijske časove i praktične vežbe. U sistemu edukacije praktičnim vežbama se daje poseban značaj. Jedan oblik praktičnih vežbi su klasične laboratorijske vežbe dok je drugi savremeniji oblik organizacije praktičnih vežbi zasnovan na primeni virtuelnih programskih aplikacija. Cilj korišćenja programskih aplikacija je da se polaznicima kursa približe osnovni pojmovi vezani za osnove radijacione fizike, kao i osnovne mere zaštite pri radu sa izvorima jonizujućih zračenja. U radu su prikazane dve programske aplikacije dostupne na internetu koje se koriste na kursovima koje organizuje Centar za permanentno obrazovanje. Jedna se nalazi na internet sajtu GigaPhysics a druga je razvijena na Univerzitetu Kolorado. Obe programske aplikacije su vrlo jednostavne ali u isto vreme i vrlo korisne kao pomoć predavačima u realizaciji predviđenih tema. Sledeći korak u osavremenjavanju edukacija koje organizuje Centar za permanentno obrazovanje je razvoj novih programskih aplikacija koje će biti primenjene u situacijama u kojima nije moguće organizovati praktične vežbe.

### 5. Zahvalnica

Ovaj rad je urađen u okviru projekta 171018 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### 6. Literatura

- [1] 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Oxford, Pergamon Press, 1991.
- [2] Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals No. SF-1, IAEA, Vienna, 2006.
- [3] Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti. Sl. glasnik RS br. 95/2018 i 10/2019, 2019.
- [4] Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No 2, IAEA, Vienna, 1998.
- [5] Establishing the Infrastructure for Radiation Safety, Specific Safety Guide No. SSG-44, IAEA, Vienna, 2018.
- [6] J. M. Molina Jorda. Virtual tools: virtual laboratories for experimental science – an experience with VLC tool, *Procedia – Soc. Behav. Sci.* 106, 2013, 3355 – 3365.
- [7] G. Chryssolouris, D. Mavrikios, D. Mourtzis. Manufacturing Systems: Skills & Competencies for the Future, *Procedia CIRP* 7, 2013, 17 – 24.
- [8] D. Harshbarger. GigaPhysics, Virtual Labs - Geiger-Müller Tube., internet adresa: [http://www.gigaphysics.com/gmtube\\_lab.html](http://www.gigaphysics.com/gmtube_lab.html), Updated July 18, 2016

- [9] D. R. Anderson. University of Colorado at Colorado Springs, Virtual General Chemistry Laboratories – Nuclear Chemistry, internet adresa <https://www.uccs.edu/vgcl/nuclear-chemistry>, 2005.

### USING VIRTUAL SOFTWARE APPLICATIONS IN EDUCATION

**Mirjana ĐURAŠEVIĆ<sup>1</sup>, Zorica OBRADOVIĆ<sup>1</sup> and Katarina RAJKOVIĆ<sup>2</sup>**

1) *Vinča Institute of Nuclear Sciences, Center for Permanent Education, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, [mirad@vin.bg.ac.rs](mailto:mirad@vin.bg.ac.rs), [zoobradovic@gmail.com](mailto:zoobradovic@gmail.com)*

2) *College of Applied Studies of Technics and Technology, Kruševac, Serbia, [katar1970@yahoo.com](mailto:katar1970@yahoo.com)*

#### ABSTRACT

Center for permanent education (CPE) of the “Vinča” Institute of nuclear sciences is a unique educational institution in Serbia. The main objective of the CPE is an additional and complementary education of various profiles of specialists who use radioactive isotopes and sources of ionizing radiation in their everyday work. The CPE aims to improve the quality of its services and strives to continuously follow and introduce modern and new methods of education.

The increasing development of information technologies has influenced the development of methods and techniques in the education itself. The latest trend in education is to replace the real laboratories with the virtual ones. The employees of the Center for Permanent Education have, therefore, decided to enrich the CPE courses with virtual software applications. Their use explains the basic concepts of ionizing radiation protection and safety in a simple, easy and fun way. In this paper, we describe some of the virtual software applications that are used in the laboratory curriculum of the CPE courses aimed at furthering education of professionals who work with radioactive sources and generators of ionizing radiation.