ЗБОРНИК РАДОВА

VI МЕЂУНАРОДНЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ О НАСТАВИ ФИЗИКЕ У СРЕДЊОЈ ШКОЛИ

Алексинац, 09 – 11. март 2018.

Програмски одбор конференције:

1. И. Авиани (Сплит)
2. М. Бабић (Бијељина)
3. Д. Димитријевић (ДФН)
4. Н. Ерцег (Ријека)
5. А. Жекић (Београд)
6. Т. Јовановић (Ниш)
7. С. Јокић (Београд)
8. А. Канцлер (Марибор)
9. М. Ковачевић (Крагујевац)
10. М. Митровић (Београд)
11. Б. Митревски (ДФМ)
12. Љ. Нешић (Ниш), председник
13. Д. Никезић (Крагујевац)
14. Н. Новаковић (Ниш)
15. С. Радуловић (Алексинац), секретар
16. Р. Репник (Марибор)
17. М. Стојановић (Нови Сад), потпредседник
18. П. Николаус (Ријека)
19. М. Шћепановић (Подгорица)

Организациони одбор:

1. Н. Станковић, председник
2. Ч. Ракић
3. К. Црнчевић, потпредседник
4. Ј. Тончић
5. Д. Петковић
6. С. Радуловић
7. Б. Симић
8. С. Величковић
9. В. Младеновић
10. В. Дојчиловић
11. Г. Жалац
12. Д. Вељковић
13. Д. Димитријевић
14. С. Петровић
15. М. Бабић
16. Н. Стојковић

Уредник:
Љубиша Нешић

Технички уредници
Милан Милошевић
Лазар Раденковић

Наслов:

„Зборник изабраних радова VI Међународне конференције о настави физике у средњим школама“

Покровитељ:
Општина Алексинац

Издавач:
Алексиначка гимназија
и
„Klett“ Издавачка кућа д.о.о.,Београд

Штампарија: Цицеро, Београд
ISSN: 2406-2626
Тираж: 300

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

371.3::53

МЕЂУНАРОДНА конференција о настави физике у средњој школи (6 ; 2018 ; Алексинац)
Зборник радова VI међународне конференције о настави физике у средњој школи, Алексинац, 09 - 11. март 2018./ [уредник Љубиша Нешић]. - Алексинац : Алексиначка гимназија ; Београд : Klett, 2018 (Београд : Цицеро). - 264 стр.: илустр.; 24 cm

Текст ћир. и лат. - Радови на срп., енгл. и мак. језику. - Тираж 300. - Стр. 5: Предговор / Љубиша Нешић. - Напомене и библиографске референце уз рад. - Библиографија уз сваки рад. - Регистар.

ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ)

а) Физика - Настава - Методика - Зборници

COBISS.SR-ID 258919948

Садржај

Предговор **5**

Measurement Of The Mass Attenuation Coefficient From 81keV to 1333 keV For Elemental Materials Al, Cu And Pb **7**
Slavica Gjorgieva, Lambe Barandovski

Експериментално покажување на законот за радиоактивно распаѓање **11**
Славица Ѓоргиева

Учење базирано на игра – Видео игрите во наставата по физика **17**
Никола Делевски

Физика у дуалном образовању **25**
Андријана Жекић, Татјана Марковић-Топаловић, Бранислава Мисаиловић,

Нобелова награда за откриће гравитационих таласа: да ли ће их бити још? **33**
Горан С. Ђорђевић, Данило Делибашић, Љубиша Нешић

Демонстрациони огледи из осцилација и таласа **41**
Ана Жлибар, Ненад Стевановић, Владимир М Марковић

Како се забавити и учити помоћу приручних експеримената **47**
Оливер Зајков

Провера Омовог закона коришћењем прототипске плоче **53**
Кристина Исаковић, Христина Делибашић, Виолета Петровић

Radioaktivni izotopi kao sastavni deo radiofarmaceutika **61**
Tatjana Jovanović, Marko Stojanović

Активности истраживача у области вештачке интелигенције и великих база података и начин подучавања наука у школама – улога професора физике **69**
Стеван Јокић, Љиљана Јокић

Državna matura iz fizike **77**
Aljoša Kancler

Осиромашени уранијум и радијациона повреда човека **81**
Драган Карајовић, Драган Цветановић

Иновативни експерименти у настави физике **89**
Милан С. Ковачевић

Нелинеарно еластично клатно **97**
Милан С. Ковачевић, Мирослав Јовановић

Одређивање коефицијента пригушења у ваздуху помоћу линеарног хармонијског осцилатора **103**
Соња Ковачевић, Милан С. Ковачевић

Коришћење приручних рефлексионих дифракционих решетки у демонстрационим огледима и лабораторијским вежбама у настави физике **109**
Ивана Круљ, Љубиша Нешић, Драган Радивојевић

Експерименталните и нумеричките задачи од меѓународните олимпијади како ефикасни едукативни ресурси во наставата по физика во средното образование **117**
Стојан Манолев

Радионица – Методе проучавања принудних и пригушених електричних осцилација **125**
Владимир Марковић и Ненад Стевановић

Različiti pristupi vizualiziranju superpozicije talasa u srednjoškolskoj nastavi talasne optike **133**
Vanes Mešić, Nataša Erceg

Состојба и перспективи на наставата по физика дизајнирана според преземени и адаптирани наставни програми **141**
Боце Митревски

Greške fizičkih merenja u srednjoj školi **147**
Mićo M. Mitrović, Branislava M. Misailović, Biljana Z. Maksimović et al.

Креирање и употреба онлајн тестова Socrative у настави физике у средњој школи **157**
Владан Младеновић, Јелена Радовановић

Контактне силе у динамици крутог тела **165**
Љубиша Нешић, Лазар Раденковић

Osiromašeni uran - mit protiv eksperimenta **173**
Dragoslav Nikezić

Korelacije- neraskidiva veza fizike i matematike **179**
Patricija Nikolaus, Danijel Hribar

Konceptualno razumijevanje grafičkih prikaza u fizici **187**
Patricija Nikolaus, Vesko Nikolaus

Пројекти у настави физике-изазов и перспектива **195**
Виолета Петровић

Жене у историји астрономије **203**
Вера Прокић

Физика дизања тегова **209**
Лазар Раденковић, Љубиша Нешић

Ваздух, његов значај и физичке особине **215**
Миодраг К. Радовић, Драган Ђ. Радивојевић

Примена светлости у наномедицини **223**
Милица Матијевић, Маријана Петковић, Милутин Степић

Što je to entropija? **229**
Franjo Sokolić

Закони геометријске оптике на основу Хајгенс - Фреснел принципа **233**
Ненад Стевановић, Владимир М. Марковић

Увод у физику фазних прелаза **239**
Маја Стојановић, Соња Скубан, Мирослав Цветинов et al

Self-assessment rubrics to help students develop scientific abilities and instructors to reduce their workload **243**
Sergej Faletič, Gorazd Planinšič

Могућности примене Scientix портала у настави физике у средњој школи **249**
Шљивовић Младен, Иван Стојановић

Информационе технологије у настави Физике **255**
Калин Ангелов и Ивелина Коцева

Istraživanjem do fizičkih zakona i zakonitosti **256**
Ivica Aviani

Radionica: Termodinamika na satu fizike **257**
Ivica Aviani, Nataša Erceg

Radionica: Rešite misteriju fizike (po uzoru Room Ecape) **258**
Zvezdan Gagić, Maja Stojanović, Tijana Prodanović et al.

Ispitivanje konceptualnog razumijevanja molekularno-kinetičke teorije tekućina **259**
Nataša Erceg, Ivica Aviani, Vanes Mešić, Marin Karuza

Razvijanje strategija rješavanja problema u nastavi fizike (Uloga analize i evaluacije rezultata rješenih numeričkih primjera) **260**
Tatjana Ivošević

Literatura za nastavu fizike na početku XX veka u Sarajevu, Beogradu i Zagrebu **261**
Vladan Mladenović, Jelena Radovanović

Ugledni čas: Njutnov zakon gravitacije **262**
Tijana Prodanović

Испитивање и евалуација хипотетичко-дедуктивног резоновања код ученика у Републици Србији **263**
Бранка Радуловић, Маја Стојановић

Povezanost matematike i fizike sa aspekta rezonovanja zasnovanog na proporcijama i pogreškama u zaključivanju 264
Branka Radulović, Marina Dorocki

Physics Teaching in Secondary Schools with Interactive Simulation tools Algodoo, Step and Physion 265
Robert Repnik

Особине превођења физичких појмова са српског на бугарски језик у наставној литератури 266
Валентина Седефчева

ИНДЕКС 267

Предговор

Поштоване колегинице и колеге, пред вама се налази Зборник радова VI Међународне конференције о настави физике у средњим школама (9-11. март 2018, Алексинац).

Међународни скуп посвећен настави физике у средњим школама у Алексинцу се већ може сматрати традиционалним. Први скуп у форми симпозијума одржан је 2013. године, под називом: **Положај физике у средњим школама у региону.** Скуп је потом акредитован код Завода за унапређивање образовања и васпитања Републике Србије, и 2014. године такође одржан као симпозијум. Већ од наредне године, скуп прераста у конференцију, и постаје **Међународна конференција о настави физике у средњим школама**.

И овогодишња конференција окупља истраживаче у области методике наставе физике са бројних факултета. Заступљени су универзитети из Љубљане, Марибора, Сплита, Ријеке, Сарајева, Новог Сада, Београда, Крагујевца, Ниша, Скопља, Подгорице и Софије. У раду конференције учествују такође наставници физике који раде у средњим школама у Србији, Румунији, Бугарској, Словенији, Хрватској, Македонији, БиХ, Црној Гори, Грчкој, Француској. Учесници Конференције су и представници стручних друштава, издавачких кућа и произвођачи учила. Посебна карактеристика Конференције је што окупља ученике чији ће изабрани експериментални радови бити презентовани током Конференције.

Програм VI конференције обухвата: предавања по позиву, излагања научно-стручних радова и радова из праксе наставника, округлог стола са темама посвећеним актуелном реформском тренутку наставе физике, радионице, презентације уџбеника физике, угледних часова физике и постер секцију.

Алексинац/Ниш, 28. фебруар 2018. год.

Председник Програмског одбора
Др Љубиша Нешић

Measurement Of The Mass Attenuation Coefficient From 81keV to 1333 keV For Elemental Materials Al, Cu And Pb

Slavica Gjorgieva[1] and Lambe Barandovski[2]

[1]SOU "Kosta Susinov", Kej 8 th of September 8, Rsadovish, Macedonia
[2] Institute of Phusics, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss Cyril and Methodus University, POB 162, 1000 Skopje, Macedonia

Apstract. The mass attenuation coefficients (μ/ρ) for 3 high psurity elemental materials (Al, Cu and Pb) were measured in the γ-ray energy range from 81 keV up to 1333 keV using ^{22}Na, ^{60}Co ^{133}Ba and ^{133}Cs as sources. Well shielded detector (NaI (Tl) semiconductor detector) was used to measure the intensity of the transmitted beam and any photon absorbed or deflected appreciably does not each the detector if the detector is far away from the absorber. The measured values are compared with the theoretical ones obtained by Seltzer (1993).

INTRODUCTION

The linear attenuation coefficient (μ) describes the fraction of a beam of x-rays or gamma rays that is absorbed or scattered per unit thickness of the absorber. This value basically accounts for the number of atoms in a cubic cm volume of material and the probability of a photon being scattered or absorbed from the nucleus or an electron of one of these atoms. Although a large number of possible interaction mechanisms are known for gamma rays in matter only three major types play an important role in radiation measurements: photoelectric absorption, Compton Scattering, and pair production.

When gamma-ray beam passes trough the materials each of the interaction processes removes the gamma-ray photon from the beam either by absorption or by scattering and can be characterized by a fixed probability of occurrence per unit path length in the absorber. The sum of these probabilities is simply the probability per unit path length that the gamma-ray photon is removed from the beam

$$\mu = \tau(Photoelectric) + \tau(Compton) + \tau(Pair), \quad (1)$$

and is called the linear attenuation coefficient. The number of transmitted photons I is then given in terms of the number without an absorber I_0 as:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

Since a linear attenuation coefficient is dependent on the density of a material, the mass attenuation coefficient is often reported for convenience. Normalizing μ by dividing it by the density of the element or compound will produce a value that is constant for a particular element or compound. This constant (μ/ρ) is known as the mass attenuation coefficient and has unit of cm^2/g [1,3]:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

EXPERIMENTAL PROCEDURE

The measurements of the linear attenuation coefficient (μ) and the mass attenuation coefficient (μ/ρ) was done using NaI (Tl) – scintillation detector (ORTEC, model 3m3/3-X), using preamplifier (ORTEC, model 276), amplifier (CANBERRA, model 2022) and multichannel analyzer (ORTEC, model ASPEC-27). MAESTRO Windows-32MCA, software for pick analysis was also used.

Monoenergetic gamma rays, from ^{22}Na, ^{60}Co, ^{133}Ba and ^{133}Cs sources were collimated into a narrow beam and allowed to strike a detector after passing through an absorbers of aluminum copper and lead of variable thickness (Fig. A).

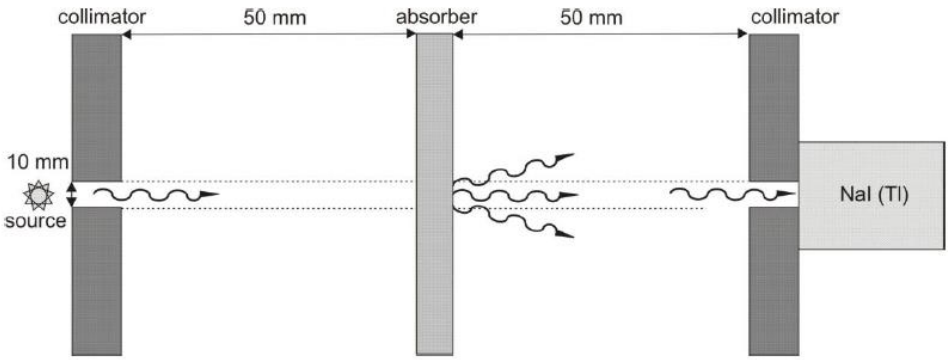


FIGURA 1. Experimental arrangement for measuring the attenuation coefficient of gamma radiation under condition of good geometry.

The attenuation of the intensity received by the detector as the absorber thickness is increased measures the total probability per unit length of the interaction processes. The usual semilogarithmic plot of transmitted intensity, I, versus thickness of absorber, x, follows a straight line, indicating exponential decay of the intensity.

The slope, μ, of the straight line represents attenuation coefficient, namely, the probability scattering, that a photon be removed from the incident beam per unit thickness of material traversed [4,5].

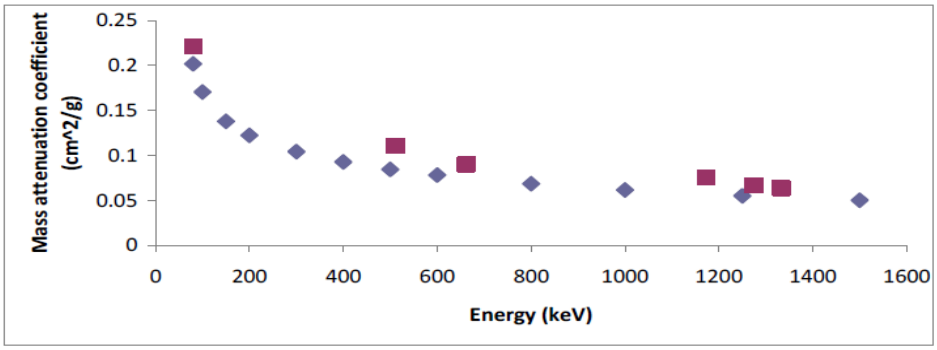
RESULTS AND DISCUSSION

The measured values of the mass attenuation coefficient for aluminum copper and lead for different energies of the gamma rays emitted from the sources are presented in Table 1. The results are also plotted on the graphs above (Fig.2 (a), (b) and (c)). On the same graphs theoretical data for the mass attenuation coefficient abtained bySeltzer (1993) are plotted as well. From the data it can be seen that there is a good agreement between the experimental data obtained in this research and theoretical data [1,5].

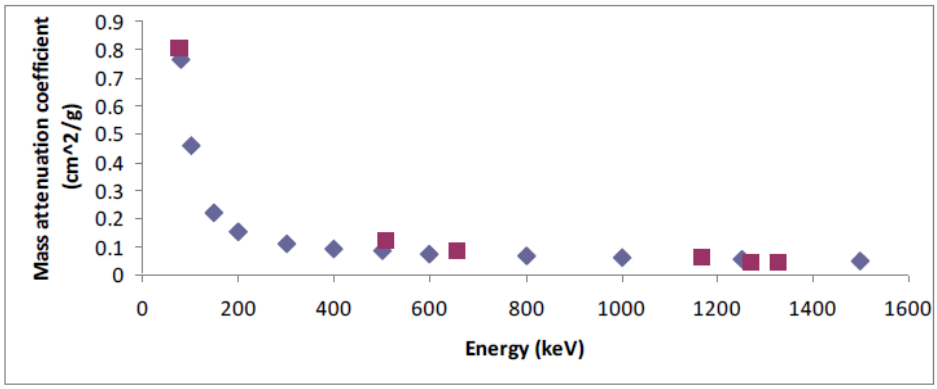
In the cases where Al and Cu are used as the attenuation materials experimentally obtained values are higher than the theoretical ones which is not case when lead is used as attenuation material. The explanation for this can be found in the fact that scintillation detectors are additionally shielded and the shield is contributing in the processes of attenuations of the gamma beam.

TABLE 1. Experimental mass attenuation coefficient for aluminum copper and led

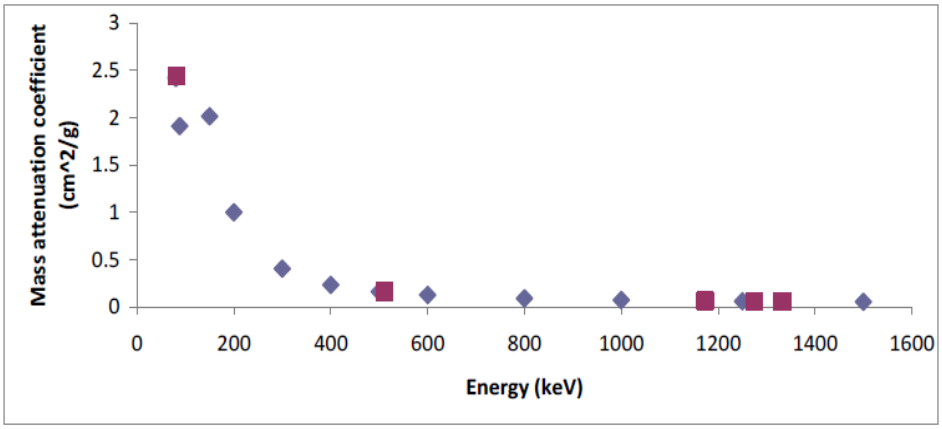
	Aluminum	Copper	Lead
Energy [MeV]	Mass attenuation coefficient [cm²/g]	Mass attenuation coefficient [cm²/g]	Mass attenuation coefficient [cm²/g]
81	0.2215	0.7946	2.4298
511	0.1107	0.1168	0.1627
662	0.0905	0.0892	0.1179
1173	0.0751	0.0540	0.0627
1275	0.0667	0.0391	0.0551
1333	0.0637	0.0806	0.0559



(a)



(b)



(c)

FIGURE 2. (a) Mass attenuation coefficient of aluminum. (b) mass attenuation coefficient of copper. (c) mass attenuation coefficient of lead

CONCLUSION

The mass attenuation coefficients for 3 high purity elemental materials Al, Cu and Pb were measured in the gamma energy range from 81 up to 1333 keV using a NaI(Tl) scintillation detector. The experimental values were compared with the theoretical data obtained by Seltzer (1993). The comparison of the data showed high agreement between the abtained experimental values and theoretical values measured by Seltzer (1993) for high energies. Higher differences in the measured and theoretical values are observed for low energies especially in the cases where aluminum and copper were considered as absorbers.

The method can be successfully used for determination of the linear and mass attenuation coefficients for other materials and compounds.

REFERENCES

1. F. G. Knoll, Radiation detection and measurement (Jonh Wiley and Sons 2000), pp.53-55.
2. S. M. Seltzer, Rad. Res, 136. 147-170 (1993).
3. J. E. Turner, Atoms. Radiation and Radiation Protection (127 Windham Road Oak Ridge. TN 37830. USA 2007), pp.173-192.
4. F. A. Attix, Introduction to Radiological physics and Radiation Dosimetry (University of Wisconsin Medical School. Medison. Wisconsin 1986), pp. 38-44.
5. S. Gjorgieva, ''Measurement of the linear attenuation coefficient usin scintillation detector and GM counter'', Diploma thesis, University of Skopje, Faculty of natural sciences and mathematics, Macedonia 2012

Експериментално покажување на законот за радиоактивно распаѓање

Славица Ѓоргиева

СОУ "Коста Сусинов", Радовиш, Македонија

Апстракт. Експерименталното покажување на законот за радиоактивно распаѓање е покажано со помош на нитни. При вршењето на експериментите се смета дека нитните при паѓање на подлога од одредена висина може да заземат една од следните две положби: да паднат на капата или на страна. Тоа значи дека веројатноста за нитната да се најде во една од положбите е $\frac{1}{2}$. Нитните беа фрлани од одредена висsина и по договор беше земено паднатите нитни на страна да ги претставуваат распаднатите јадра, а оние на капата да ги претставуваат нераспаднатите јадра. Резултатите се прикажани табеларно и графички.

Клучни зборови: радиоактивност, период на полураспаѓање, нераспаднати јадра, распаднати јадра, нитни.

ВОВЕД

Спонтаното распаѓање на нестабилни атомски јадра се вика природна радиоактивност. За секој радиоактивен изотоп постои карактеристичен временски интервал $T_{1/2}$ наречен период на полураспаѓање. **Период на полураспаѓање** е временски интервал за кој ќе се распадне половината од почетниот број радиоактивни јадра. Законот за радиоактивно распаѓање е даден со следната формула;

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}};\quad N = N_0\, e^{-\frac{ln2}{T_{1/2}}t};\qquad N = N_0 e^{-\lambda t}\ ,$$

каде што $\lambda = \frac{ln2}{T_{1/2}} = \frac{0{,}693}{T_{1/2}}$,

N- број на нераспаднати јадра, N_0- почетен број на нераспаднати јадра, $T_{1/2}$- период на полураспаѓање, λ- константа на радиоактивно распаѓање.

Демонстрација на законот за радиоактивно распаѓање со помош на нитни

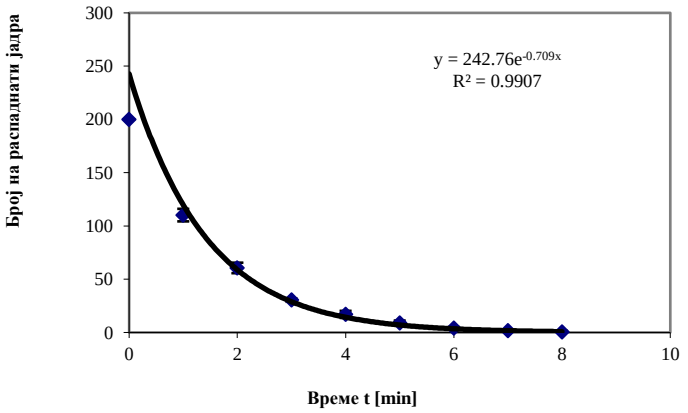
Во демонстрацијата беа употребени двесте нитни така што се смета дека нитните при паѓање на подлога од одредена висина може да заземат една од следните две положби: да паднат на капата или на страна. Тоа значи дека веројатноста за нитната да се најде во една од положбите е $\frac{1}{2}$. Нитните беа фрлани од одредена висина и по договор беше земено паднатите нитни на страна да ги претставуваат распаднатите јадра, а оние на капата да ги претставуваат нераспаднатите јадра. Подолу во табела 1. се дадени резултатите добиени од мерењата направени со двесте нитни.

Нитните беа фрлани на секоја една минута, според тоа периодот на полураспаѓање ($T_{1/2}$), би требало да биде една минута. Според добиените резултати кои се претставени и графички константата на радиоактивно распаѓање изнесува λ=0,709, па од $T_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$, периодот на полураспаѓање во овој случај изнесува $T_{1/2} = 0{,}98\ \mathrm{min}$.

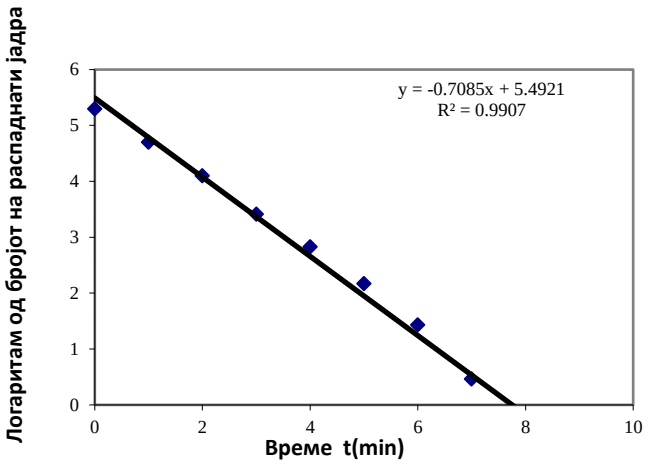
Експериментално добиениот период на полураспаѓање се разликува само за 0,02min.

ТАБЕЛА 1. Резултати од првото мерење

Време (min)	I мер.	II мер.	III мер.	IV мер.	V мер.	Средна вредност	Отстапување	ln(средна вредност)
0	200	200	200	200	200	200	0	5,298317
1	100	111	115	113	112	110	6	4,702297
2	57	65	65	62	54	61	5	4,104295
3	32	31	28	31	30	30	2	3,414443
4	16	22	13	18	16	17	3	2,833213
5	10	12	7	9	6	9	2	2,174752
6	5	4	4	3	5	4	1	1,435085
7	3	1	1	1	2	2	1	0,470004
8	2	0	0	0	1	1	1	0



СЛИКА 1. Зависност на бројот на распаднати јадра од времето



СЛИКА 2. Логаритамска зависност на бројот на распаднати јадра од времето

ТАБЕЛА 2. Резултати од второто мерење

Време (min)	I мер.	II мер.	III мер.	IV мер.	V мер.	Средна вредност	Отстапување	ln(средна вредност)
0	200	200	200	200	200	200	0	5,298317
1	99	103	99	98	83	96	8	4,568506
2	50	51	52	50	47	50	2	3,912023
3	27	24	27	26	25	26	1	3,250374
4	13	11	16	13	10	13	2	2,533697
5	6	5	9	5	5	6	2	1,791759
6	4	3	5	3	3	4	1	1,280934
7	1	2	2	1	2	2	1	0,470004

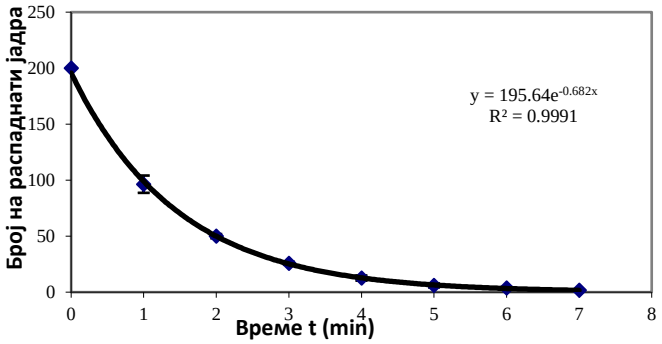
Демонстрација на законот за радиоактивно распаѓање со помош на монети од еден денар.

Во втората демонстрација беа користени монети од еден денар. Знаеме дека монетата од еден денар при паѓање (пуштање) од одредена висина може да заземе една од двете положби: да падне со бројот еден нагоре или пак со шарпланинецот нагоре. Тоа значи дека веројатноста за појавување на една од положбите е $\frac{1}{2}$. Монетите беа фрлани од одредена висина и по договор беше земено паднатите монети со шарпланинецот нагоре да ги претставуваат распаднатите јадра, а паднатите монети со бројот еден нагоре да ги

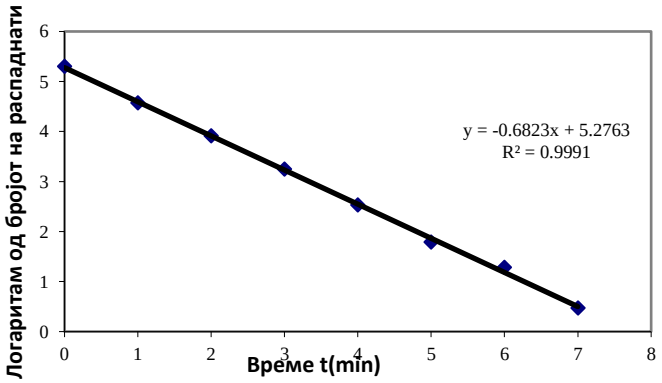
претставуваат нераспаднатите јадра. Подолу во табела 2. се дадени резултатите добиени од мерењата направени со монети.

Монетите беа фрлани на секоја една минута, според тоа периодот на полураспаѓање ($T_{1/2}$), би требало да биде една минута. Според добиените резултати кои се претставени и графички константата на радиоактивно распаѓање изнесува λ=0,6823, па од $T_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$, периодот на полураспаѓање во овој случај изнесува $T_{1/2} = 1,\ 01\text{min}$.

Експериментално добиениот период на полураспаѓање се разликува само за 0,01min.



СЛИКА3. Зависност на бројот на распаднати јадра од времето



СЛИКА 4. Логаритамска зависност на бројот на распаднати јадра од времето

Изведување на експеримент со нитни каде веројатностите за заземање на една од двете **положби е различна од** $\frac{1}{2}$

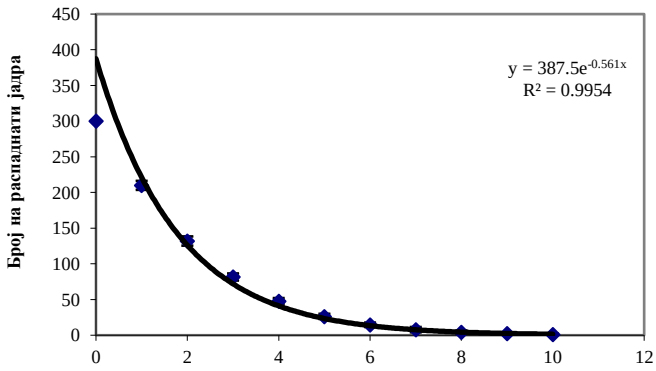
Изведувајќи го овој експеримент со други нитни забележавме дека веројатностите за заземање на една од двете положби на нитната не е $\frac{1}{2}$, туку резултатите покажаа дека веројатноста за нитната да падне на капата е приближно $\frac{2}{3}$, додека веројатноста за нитната да падне на страна е $\frac{1}{3}$. Подолу во Табела 3. се дадени резултатите добиени од мерењата направени со вакви нитни.

Нитните беа фрлани на секоја една минута, според тоа периодот на полураспаѓање ($T_{1/2}$), би требало да биде една минута. Според добиените резултати кои се и графички прикажани константата на радиоактивно распаѓање изнесува λ=0,561, па од $T_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$, периодот на полураспаѓање во овој случај изнесува $T_{1/2} = 1,\ 24\text{min}$.

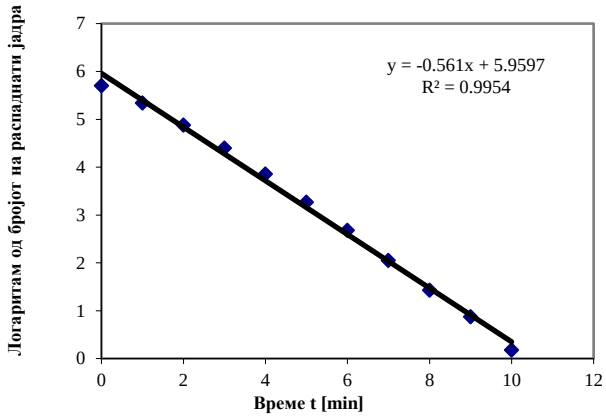
Експериментално добиениот период на полураспаѓање се разликува с за 0, 24min што е голема грешка.

ТАБЕЛА3. Резултати од третото мерење

Време (min)	I мере.	II-мере.	III-мере.	IV-мере.	V-мере.	Средна вредност	Отстапување	ln(средна вредност)
0	300	300	300	300	300	300	0	5,703782
1	206	218	215	208	203	210	6	5,347108
2	139	134	135	130	122	132	6	4,882802
3	86	75	87	80	80	82	5	4,401829
4	49	41	53	46	49	48	4	3,862833
5	27	25	29	21	30	26	4	3,273364
6	14	11	19	13	16	15	3	2,681022
7	9	3	13	6	8	8	4	2,054124
8	5	1	7	3	5	4	2	1,435085
9	4	0	4	1	3	2	2	0,875469
10	2	0	3	0	1	1	1	0,182322



СЛИКА 5. Зависноста на бројот на распаднати јадра од времето



СЛИКА 6. Логаритамска зависност на бројот на распаднати јадра од времето

ЗАКЛУЧОК

Експериментот со нитни демонстриран овде, како и експериментот со монетите се погодни експерименти за демонстрација на Законот за радиоактивно распаѓање. Треба да се внимава која се изведува експериментот со нитни, тие да имаат еднаква веројатност ($\frac{1}{2}$), да паднат на капата или на страна.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Конеска, Нуклеарна Физика, *Универзитет "Св. Кирил и Методиј",* Скопје, 1998.
2. Н. Андонова, М. Јоноска, М. Ристова, Физика за трета година гимназиско образование, *Просветно дело*, Скопје, 2009.

Учење базирано на игра – Видео игрите во наставата по физика

Никола Делевски

СОУ "Никола Карев", Струмица, Р. Македонија

Апстракт. Во денешно време имаме можност да се применуваат различни вештини во наставата по физика во споредба со оние што некогаш се користеле. Развојот на техниката и технологијата предизвикаа големи промени како во образовните содржини така и во односот наставник-ученик. Видео игрите се добра алатка за учење на наставните содржини по физика и претставуваат идеална средина за решавање проблеми од неа. Игрите во училницата можат да ги охрабрат учениците да ја разберат темата како дел од секојдневието. Целта на овој труд е да го споделам начинот на користење видео игра во наставата по физика за да се олесни разбирањето на наставните единици „Истрели", со учениците од средното образование. За таа цел ја користам видео играта наречена Лути птици (Angry Birds).

Клучни зборови: технологија, видео игри, знастава по физика, средно образование, Лути птици (Angry Birds).

ВОВЕД

Оние кои сеуште мислат дека содржината на наставната единица е движечка сила на образованието, можеби не се подготвени за учење базирано на игра. Што подразбираме под "содржина"? Во оваа ера на дигитални медиуми, "содржина" е она што го зборуваат веб-дизајнерите, телевизиските продуценти, статии, ТВ емисии, видеа на YouTube, фотографии - тоа е целата содржина. Во училницата, она што ние обично го нарекуваме содржина е она што учениците го задржале како знаење доколку наставниците ги исполниле своите цели за учење преку наставниот процес.

Денес, мотивацијата на учениците е важна за да се научи физика и употреба на видео игри во наставата, зголемувјќи го вниманието на учениците. Всушност, видео игрите се посакувани од сите видови на ученици. Видео играта "Лути птици" е многу популарна игра на "Rovio", каталогизирана како "физичка игра", бидејќи алгоритмите за движење во неа се базираат на кинематика на проектили.

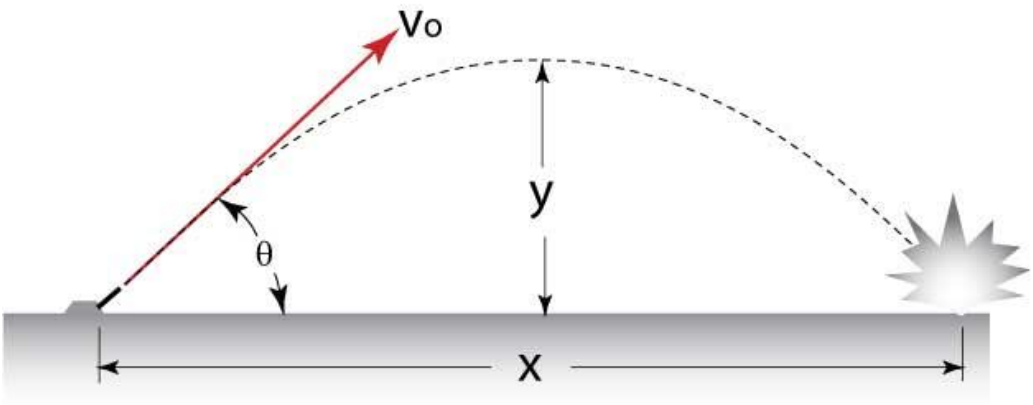
Кинематичката анализа на играта може да биде одлична наставна стратегија во сите нивоа на образование, или како вовед за предмет, или како примена на кинематика и динамички концепти, со можност за решавање задачи. Во овој труд ќе покажам како со помош на видео игра и видео анализа и софтвер за моделирање "Tracker", да дефинираме стратегии за настава од областа Кинематика во училиштата.

ДВИЖЕЊЕ НА ПРОЕКТИЛ

Зошто решив совладувањето на наставната содржина за движење на проектил од класична (традиционална) настава да го заменам со примена на видео играта "Лути птици"?

Класична (традиционална) настава

Една од карактеристичните задачи при изучување на кос истрел е задачата со која се пресметува дострел на тело исфрлено со почетна брзина од 30 m/s под агол од 20° (слика 1).



Слика 1. Илустрација на задача за кос истрел на тело со почетна брзина V_0, под агол θ, со максимална висина y и пресметување на дострел x.

За да се реши оваа задача се применуваат следниве кинематички равенки:

$$x = x_0 + \vartheta_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1)$$

$$\vartheta = \vartheta_0 + at \quad (2)$$

$$\vartheta^2 = \vartheta_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (3)$$

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(\vartheta_0 + \vartheta)t \quad (4)$$

Сепак равенките кај учениците не се многу омилени и ги демотивираат од учење физика. Секако, наставникот се обидува да покаже како овие равенки се поврзани и можат да се претстават графички, но учениците вообичаено, често, немаат доволно математички предзнаења да ги разберат овие идеи, па на повеќето од нив им е многу тешко. Да напомнам дека оваа наставна содржина е предвидена да се совлада за 1 час.

Возможно е следнава равенка

$$x = x_0 + \vartheta_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (5)$$

да е најкомплицирана равенка која учениците ќе ја видат во прва година по предметот физика.

Се започнува со објаснување на учениците дека сите тела при слободно паѓање имаат исто забрзување. При слободно паѓање на куршум и во исто време куршум истрелан во хоризонтален правец од иста висина исфрлени во исто време паѓаат на Земјата. Дали овие тврдења се точни? Кој знае? Равенките се важни, па учениците се фокусираат на меморирање на нив. Тогаш доаѓа време за решавање на потешки проблемите, што може за учениците да биде малку полесно ако се сеќаваат на примената на равенките за кос истрел, хоризонтален истрел и равенките за вертикален истрел.

На традиционалниот начин на настава му недостига прекрасната слика на физиката,а тоа е дека многу различни физички појави можат да се објаснат на поедноставен и посликовит начин. Паѓањето на предмети и орбитирањето на сателити можат да се опишат

со истите принципи. Зошто сите предмети паѓаат со исто забрзување? Зошто испуканиот куршум во хоризонтален правец, кој прави два вида на движење, слободно паѓање и хоризонтален истрел, ќе ја погоди земјата исто како и куршум што слободно паѓа? Тоа е затоа што во сите случаи предметите ја доживуваат гравитационата сила, а оваа сила е пропорционална со масата на објектот, така што сите проектили ќе имаат исто забрзување. Единствената разлика ќе биде во параметрите, почетна положба и брзина.

Овој традиционален пристап на проучување движење на проектили се покажа како тежок за да успеам да го променам усвојувањето на физичките поими од учениците. Моите ученици секогаш сакаат да ги научат на памет равенките и тоа ги спречува да имаат вистинско разбирање на поставениот проблем.

Ова се случуваше до пред 2 години, кога целосно го променив традиционалниот приод кон изучување на движењето на проектил, со приод кој навистина се покажа дека има смисла. Ги мотивира учениците да учат физика и така да ја зголемат способноста да ја користат истата за да го разберат светот. Овој приод е вистинска шанса физиката да се поврзе со примена на ИКТ во наставата.

Примена на видео играта “ЛУТИ ПТИЦИ” за проучување на движења на проектили

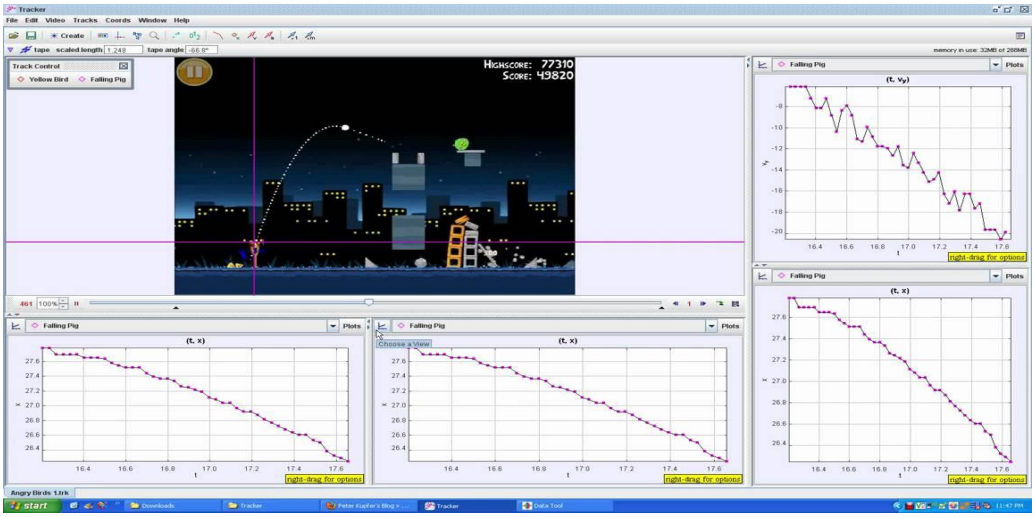
Една од најпознатите видео игри е видео играта “Лути птици”, којашто е целосна бесплатна и можете да ја играте на вашиот пребарувач. Како татко на седум годишен син ваквите игри се секојдневие за мене. Можете да ја играте само кратко време и секој пат кога ќе ја играте , можете да добиете малку поинаков резултат. Основната идеја на оваа видео игра е да ги лансирате овие лути птици со прачкаст чатал, а како цел која треба да се погоди се неколку “свињи“ како мети (слика 2). Да сериозно, тоа е играта.

Слика 2. Сцена од видео играта “Лути птици”

Софтвер за видео анализа ”Tracker” и снимач на екран ”Screencast-O-Matic“

Но каде е физиката во видео играта? Дали навистина видео играта може да симулира кос истрел, при што ќе се менува аголот на исфрлување? Дали со анализирање на движењето на “Лута птица” ќе се добијат податоци за нејзината брзина во различни положби?

Одговор на овие неколку прашања можеме да добиеме ако го анализираме движењето на лутите птици, кои се во улога на проектили. За анализа го користам видео анализаторот “Tracker Video analysis” (слика 3) со кој го проучуваме движењето на птиците кога ќе биде лансирани.



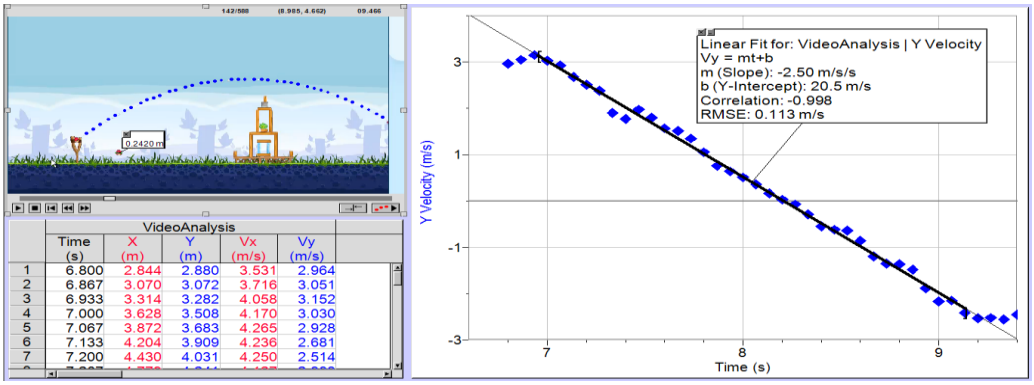
Слика 3. Софтвер за видео анализа “Tracker Video analysis”

Освен што овој софтвер е бесплатен и може да се користи на Windows, Mac и Linux, тој исто така има убава особина за справување со панувањето и зумирањето на видеата - парови на точки за калибрација. Основната идеја е учениците да обележат две функции во видеото и да ги следат низ целиот видео клип. Со означување на локацијата на овие два објекти во секоја рамка, апликацијата ќе ги анализира податоците по потреба.

Tracker доаѓа со вграден прирачник, но ги советувам наставниците секогаш кога учениците не се запознаени со овој софтвер да напишат едноставно и практично упатство за учениците во кое ќе ја објаснат предложената активност. За да направите мерења со Tracker (или било кој друг видео анализатор), потребно е да се знаат вистинските димензии на барем еден објект во видео клипот, за да се овозможи конверзија на димензии на сликата, првично дадени во пиксели, во реалните димензии.

Калибрацијата на софтверот, по правило, е поставена на вредноста 100 единици (пиксели) за однапред одредена должина. Кога оваа нова вредност е воведена на алатката за калибрација, софтверот ја дели таа вредност со број на пиксели на должината, одредува врска помеѓу еден пиксел и стандардната влезна единица; на пример, конвертирање на должината на пиксели во метри или сантиметри. Кога видеото не презентира објект со позната димензија, ние можеме да ја назначиме произволно големината на еден од објектите прикажани во видеото, или можеме да ги одредиме "вистинските" димензии од играта објекти со користење на едноставна претпоставка - играта се одвива некаде на Земјата.

За анализа на тоа движење на часовите користам некои од видеата со кои се објаснува како се игра видео играта, обезбедени од Rovio (креаторите на “Лути птици”), а снимени од екранот со помош на снимач на екран “Screencast-O-Matic“ или било кој друг снимач на екранот (слика 4).



СЛИКА 4. Анализа на движењето во видео играта “Лути птици”

Видеата беа снимени со Screencast-O-Matic, кој беше поставен на снимање со 30 слики во секунда. Се препорачува црвената птица да се стартува на начин што може да ја погоди земјата без да се судри било која пречка имајќи непроменет референтен систем на координати. Така, визуелизацијата на параболичката траекторија на црвената птица е поочигледна (тоа е лесно се постигнува на првото ниво на играта).

Кинематиката на основно ниво може да се воведе во образованието со истражување на видео играта. За почеток, учениците можат да изберат соодветна позиција за референтните оски, да дефинираат стандардна должина и единица (на пример, наставникот може да сугерира дека висината на слајдот може да биде 5 метри) и да ги следат позициите на птицата со време за да ја визуелизираат нејзината траекторија. Учениците треба да се охрабруваат да го променат местото на референтниот систем, и со оваа промена да набљудуваат што се случува со вредностите прикажани на табелата со податоци, особено за положбата и брзината (слика 5).

Тие, исто така, може да бидат охрабрени да ги променат вредностите и димензиите на калибрационата лента, и да преземат заклучоци за важноста на дефинирање на стандардна единица на должина.

Овие први чекори на видео анализата (создавање на референција, воспоставување на стандардна единица за должината и следењето на траекторијата) претставуваат активност особено корисна за учениците при почеток на изучување на кинематика. Овој вид активност може да се направи: дома како експериментална работа. Видеото и упатството за истражување може да се обезбедат преку интернет.

За понапредно ниво, по дефинирањето на траекторијата, наставниците можат да воведат графици на положба наспроти време, брзина наспроти време и забрзување наспроти време и истите да се анализираат истовремено.

Table | Red bird

t	x	y	v_x	v_y	a_y
0	0,031	-0,114			
0,167	36,364	53,469	226,625	320	
0,333	75,572	106,553	229,75	298	-135
0,5	112,947	152,803	232,5	270,375	-167,1...
0,667	153,072	196,678	236,952	245,694	-174,5...
0,833	191,931	234,701	234,65	210,675	-214,3...
1	231,289	266,903	230,593	174,454	-190,3...
1,167	268,796	292,852	228,559	145,779	-192,8...
1,333	307,476	315,495	219,845	113,243	-180,3...
1,5	342,077	330,6	220,833	81,875	-176,0...
1,667	381,086	342,787	234,042	57,511	-162,7...
1,833	420,091	349,77	234,011	26,59	-190,8...
2	459,09	351,651	234,027	-5,81	-191,5...
2,167	498,1	347,833	233,721	-37,832	-187,1...
2,333	536,997	339,04	233,242	-67,867	-186,6...
2,5	575,848	325,211	232,883	-99,834	-184,5...
2,667	614,625	305,762	231,926	-130,1...	-188,14
2,833	653,156	281,833	233,396	-161,4...	-186,8...
3	692,424	251,952	234,327	-193,5...	-187,1...
3,167	731,265	217,316	233,349	-223,1...	-189,54
3,333	770,207	177,574	233,536	-256,4...	-190,8...
3,5	809,111	131,819	234,06	-287,8...	-188,1...
3,667	848,227	81,631	232,993	-318,0...	
3,833	886,775	25,813			

СЛИКА 5. Податоци добиени со видео анализа на движењето на “Лута птица”

Примената на овој приод преку компјутерска видео игра не ја исклучува можноста да се применат паралелно и дополнителни објаснувања и задавање на задачи како на пример пресметка на средна брзина, моментална брзина и забрзување.

ЗАКЛУЧОК

Видео играта “Лути птици” е навистина добар пример за тоа како видео игрите можат да се користат во наставата по физика. Во овој труд објаснив еден начин како да анализираме проблеми од кинематика и динамика преку движење на проектил, “црвена лута птица”. Самата игра, исто така, неодамна се разви во повисоки фази, воведувајќи ги гравитационите ефекти околу планетите (http://space.angrybirds.com/launch/, преземени во 02/04/2012) и нови карактеристики базирани на успешните филмови на "Војна на ѕвездите" (http://angrybirds.tumblr.com/, преземени во 12/11/2012). Сето тоа дава повеќе можности за истражување на физиката во нови контексти, поинтересна настава која ги мотивира учениците да користат мултимедијални алатки за учење физика.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. MacIsaac, Angry Birds: The physics phenomenon, The Physics Teacher, 49, 399, (2011).
2. Angry Birds Review, (2009)
   URL:
3. D. Brown, Video Modeling: Combining Dynamic Model Simulations with Traditional Video Analysis, American Association of Physics Teachers (AAPT) Summer Meeting, Edmonton, 2008.
   URL: http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/
4. D. Brown, A.J. Cox, Innovative Uses of Video Analysis, The Physics Teacher, 47, 145-150, (2009).
5. Open Source Physics Collection on ComPADRE.
   URL:http://www.compadre.org/OSP/

6. H. Brasell, The Effect of Real-Time Laboratory Graphing on Learning Graphis Representations of Distance and Velocity, J. Res. Sci. Teach., 24, 385-395, (1987).
7. F.M. Goldberg, J.H Anderson, Student Difficulties with Graphical Representations of Negative Values of Velocity, The Physics Teacher, 27, 254-260, (1989).
8. A. Arons, Teaching Introductory Physics, 1997.
9. L.C McDermott, M.L. Rosenquist, E.H Van Zee, Student Difficultiies in Connecting Graphs and Physics: Examples from Kinematics, Am. J. Phys., 55, 503-513, (1987).
10. F.R. Giordano, W.P. Fox, S.B. Horton,M.D Wier, A First Course in Matematical Modeling – International student edition 435-441, (2009).
11. R. Allain, The Physics of Angry Birds, 2010.
URL: http://www.wired.com/wiredscience/2010/10/physics-of-angry-birds/
12. R. Allain, Does the Angry Blue Bird multiply its mass?, 2010.
URL: http://www.wired.com/wiredscience/2010/10/does-the-angry-blue-bird-multiply-its-mass/
13. R. Allain, Physics of the Yellow Angry Bird, 2011.
URL: http://www.wired.com/wiredscience/2011/11/physics-of-the-yellow-angry-bird/
14. R. Allain, How Does the Green Angry Bird Work?, 2011.
URL: http://www.wired.com/wiredscience/2011/04/how-does-the-green-angry-bird-work/

Физика у дуалном образовању

Андријана Жекић[1], Татјана Марковић-Топаловић[2], Бранислава Мисаиловић[1],
Биљана Максимовић[1]

[1]Универзитет у Београду, Физички факултет, Београд, Србија
[2]Средња медицинска школа "Др Андра Јовановић", Шабац Србија

Апстракт. Последица недавно спроведених реформи у образовном систему Републике Србије је драстично смањење простора и потребе за наставом физике у стручном образовању. Број часова физике у стручним школама је значајно смањен, без јасне аргументације оних, који измене спроводе. Најсвежији реформски "потез" је имплементација *дуалног образовања* у систем средњег стручног образовања. У наредном периоду, овај потез ће имати далекосежан утицај, како на образовање младих кадрова, тако и привреду наше земље, али и решавање социјалног статуса младих људи који не желе или немају могућност да се школују на високим школама. Поменуту иновацију би требало детаљно истражити и видети како ће она утицати на фонд часова предмета Физика. Важно је узети у обзир и анализирати предмете базиране на примени физике, квалитет наставе и квалитет знања ученика у огледним одељењима, али и потребе тржишта рада, како у локалној средини, тако и на нивоу земље. Ради утврђивања тренутног стања спроведена је анализа доступних планова и програма за образовне профиле обликоване према моделу дуалног образовања. Резултати ове анализе представљени су у раду.

Кључне речи: физика, дуално образовање, фонд часова.

УВОД

Према дефиницији, *дуално образовање* представља модел реализације наставе у систему средњег стручног образовања и васпитања у коме се кроз теоријску наставу, вежбе у школи и учење кроз практичан рад (код послодавца) стичу, усавршавају, односно изграђују знања, вештине, способности и ставови, односно компетенције, у складу са стандардом квалификација и планом и програмом наставе и учења [1].

Увођење дуалног образовања у образовни систем изазвало је у претходном периоду многе недоумице у свим заинтересованим структурама; стручној јавности, али и међу ученицима и њиховим родитељима. Ако се направи осврт на појам дуалног образовања у образовном систему Републике Србије, и бивше Југославије, долази се до закључка, да је овај вид образовања заправо постојао у различитим облицима више од пола века у средњим стручним школама поменутог региона. Наиме, идеја и ширење двојног, или како се то данас каже дуалног образовања, јавља се још код школа ученика у привреди. Данас, са историјске дистанце, могу се разликовати три модела дуалног образовања. *Први модел*, који датира још од 60. и 70. година прошлог века подразумевао је да у школама буду формиране савремено опремљене радионице, амбуланте, и остали простори прикључени школи. Наменске радионице су омогућавале ученицима да адекватно обављају праксу у кругу школе, у складу са савременим тенденцијама. Дакле, на истом месту у самој школи, ученици су имали и теорију и праксу на задовољавајућем нивоу, који је одговарао европским стандардима. Техничке промене и иновације су биле споре и ретке, те су ове радионице дуго биле тежиште квалитетне обуке ученика. *Други модел*, уведен када школе

више нису биле у стању да прате савремене техничке захтеве, био је повезивање једног броја државних институција и фабрика са школама, те су оне почеле да обезбеђују ученицима практична знања уз надзор наставника из школе и неког из институције. Недостатак модела била је честа методичка некомпетентност руководиоца праксе из институције. *Трећи модел* дуалног образовања о којем се данас говори и који је актуелан има у виду једну врсту гаранције да ће ученик обавити праксу у складу са потребама савременог развоја, да ће његово знање одмах бити употребљиво, цењено, потребно и плаћено и да ће се у врло кратком периоду запослити. Намера је да се запосли у предузећу у ком је обавио праксу или у неком другом, сличног делокруга рада уз препоруку предузећа у којем је обављао практичан рад. У току праксе, ученици би требало да буду плаћени за свој допринос у раду. Идеја је да се ученици школују и запошљавају на територији своје општине или округа у складу са потребама локалне самоуправе које су истакнуте на нивоу мреже средњих стручних школа у неком географском подручју [2].

У претходном периоду укрштени су многи аргументи *за* и *против* дуалног образовања, али је остао утисак да није учињено довољно на припреми пре иновације. Аргументи попут доброг функционисања система образовања у Немачкој, Аустрији и Швајцарској, привредно развијеним и финансијски стабилним земљама, које у овом домену имају традицију дугу око 200 година, нису довољни у земљи исцрпљеној у свим сегментима производних и непроизводних делатности. Намећу се бројна питања: Може ли овакав модел образовања истински заживети и у нашем систему образовања? На који начин су модификовани наставни планови и хоће ли трпети општа знања која човек у савременом свету треба да има? Где се налази физика у свему томе?

ДУАЛНО СРЕДЊЕ СТРУЧНО ОБРАЗОВАЊЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ–СТУДИЈА О ИЗВОДЉИВОСТИ

Анализа података доступних од тржишта рада о свршеним средњошколцима [3], спроведена у оквиру пројекта *Реформа средњег стручног образовања у Републици Србији*, довела је до недоумице да ли постојећи систем средњег стручног образовања пружа довољне квалификације потребне за унапређење привреде и подршку предузетницима на савременом глобалном тржишту? Из тог разлога, Министраство просвете, науке и технолошког развоја заједно са Привредном комором формирало је радну групу чији је задатак био да нађе начин за увођење дуалног образовања у Србији. Студија изводљивости [4] је била базирана на литератури и разговорима са представницима ГИЗ ВЕТ[1] пројекта из Београда, Министарством просвете, директором и наставницима Политехничке школе у Крагујевцу, Начелником кадровске службе УНИОР-а из Крагујевца, предузећу посвећеном активном учешћу у програмима средњег стручног образовања, Привредном комором, члановима радне групе за развој модела занатског образовања (са представницима Завода за унапређење образовања и васпитања, Националном службом за запошљавање и Саветом за стручно образовање и образовање одраслих).

[1]Пројекат "Реформа средњег стручног образовања"који спроводи немачка организација за међународну сарадњу ГИЗ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH) у сарадњи са Министарством просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије уз укључивање других партнера, пре свега из привреде. Циљ пројекта је побољшање кооперативног образовања за техничка занимања у складу са потребама тржишта увођењем елемената дулане обуке у формални систем средњег стручног образовања.*

Једна од основних премиса успешности јесте квалитетно дефинисање наставних планова обзиром да треба да буду имплементирани у различитим средњим стручним школама.

Стручност наставника и тренера

Дуални систем образовања требало би да има снажно упориште у наставницима који би реализовали наставу. Осим тога, предузетници, укључени у овај модел, требало би да своју стручност и способност за реализацију практичног дела наставног процеса и формално документују сертификатом. Поставља се још и питање ко даје сертификате привредницима и да ли су и они сви равноправни у овом систему? Ово су одавно усвојени и примењени стандарди у образовању западноевропских земаља. Дакле, неопходно је обезбедити средства ради постизања високог педагошког нивоа реализације дуалног образовања. Један од модела је учешће у финансирању свих предузетника који би потенцијално имали корист од оваквог система образовања. На овај начин се избегава ″нелојалан лов на кадрове″ запошљавањем, без учешћа у финансирању школовања, свршених средњошколаца.

Ипак, главни изазов представља стално праћење промена на тржишту рада. То захтева континуирано прилагођавање система средњег стручног образовања, што је пракса у развијеним земљама западне Европе. То води до кључних питања која се односе на квалификације креатора наставних планова и програма, као и њиховог усавршавања и капацитета извесних институција које могу да прате промене и реагују у складу са њима.

Тренутно стање у средњошколском образовном систему

Од укупног броја свршених основаца чак 92% ученика наставља школовање у систему средњег образовања [6]. Средње образовање у Србији састоји се од четворогодишњег општег образовања које се реализује у гимназијама и четворогодишњег или трогодишњег образовања које се реализује у средњим стручним школама. Шема је следећа: око 23% свршених основаца наставља школовање у некој од гимназија, око 75% у некој од стручних школа, док око 2% ученика похађа неку уметничку школу. Према Стратегији образовања до 2020. предвиђа се да најмање 95% свршених основаца буде укључено у систем средњег образовања [7]. Према проценама доћи ће до смањења броја ученика у трогодишњим стручним школама и до пораста броја ученика у општем средњем образовању.

Истраживања су показала да чак 16% ученика узраста између 15 и 18 година остаје без формалног средњег образовања [8], као и да је проценат напуштања система већи у случају трогодишњег образовања [9]. Према доступним подацима [8] 287 различитих профила, груписаних у 15 сектора, било је доступно у око 350 средњих стручних школа. Више од половине ученика у систему уписано је у неки од пет сектора и то: 1. Економија, Право и Администрација, 2. Електротехника, 3. Медицина, 4. Машинство и 5. Трговина, угоститељство и туризам [6]. По завршетку средњег образовања ученици полажу завршни испит [6], при чему четворогодишњи програми омогућавају свршеним средњошколцима упис на академске студије.

Без обзира на све доступне стратегије, анализе, предвиђања, немогуће је не запитати се какав кадар ћемо након школовања добити? Какав је финални производ средњих школа без обзира да ли остаје у систему образовања или одлази у производњу? Да ли заиста треба тај образовни оквир толико сузити да ученик опредељен за било који профил изађе из система без основних знања неког општеобразовног предмета? Занимљиви су, али и поражавајући подаци да је последњих неколико генерација средњошколаца из

такозваних огледних смерова завршило школовање без иједног часа историје и са истим фондом часова српског језика и књижевности као и страног језика. О чему је реч? Неки огледни програми су већ постали редовни јер постоји и став да је довољно обрисати реч "огледни". Ко прати исходе оваквог система? Једини општеобразовни предмети заступљени у огледним програмима су математика, физичко, српски језик и страни језик. Остали предмети се налазе на листи изборних тако да према нечијој процени изгледа може и без њих.

АНАЛИЗА НАСТАВНИХ ПЛАНОВА ПРОФИЛА У ДУАЛНОМ СИСТЕМУ

На основу доступних података [10,11] може се стећи увид у профиле конципиране према моделу дуалног образовања, као и у одговарајуће наставне планове. Листа занимања садржи 35 профила. За 16 профила школовање траје 3, а за преосталих 19, четири године. Сагледавањем наставних планова намеће се питање какву је заиста наставу потребно реализовати да би по завршетку школовања добили уско стручни квалификовани профил, али ипак довољно опште образован?

ТАБЕЛА 1. Занимања према дуалном моделу која у наставним плановима имају предмет Физика или предмете базиране на примени физике.

НАЗИВ ЗАНИМАЊА	НАСТАВНИ ПРЕДМЕТИ И НЕДЕЉНИ ФОНД ЧАСОВА
РУКОВАЛАЦ ГРАЂЕВИНСКОМ МЕХАНИЗАЦИЈОМ	СТАТИКА (2)
ОПЕРАТЕР МАШИНСКЕ ОБРАДЕ	ТЕХНИЧКА МЕХАНИКА(2), ТЕРМОДИНАМИКА И ХИДРАУЛИКА (2), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2)
БРАВАР, ЗАВАРИВАЧ	МЕХАНИКА (3), ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2), ТЕХНИЧКА ФИЗИКА (2)
РУКОВАЛАЦ ПОСТРОЈЕЊИМА ЗА ДОБИЈАЊЕ НАФТЕ И ГАСА	ОСНОВЕ МАШИНСТВА И ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2)
МЕХАНИЧАР МОТОРНИХ ВОЗИЛА	ТЕХНИЧКА ФИЗИКА (2), МЕХАНИКА (3), ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2)
МОДНИ КРОЈАЧ	ФИЗИКА ИЗБОРНИ ПРЕДМЕТ У 1. И 2. ГОДИНИ (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ИЗБОРНИ У 3. ГОДИНИ (1)
ПЕКАР	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (1)
МЕСАР	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (1)
ПОЉОПРИВРЕДНИ ПРОИЗВОЂАЧ	ЕЛЕТРОТЕХНИКА (2), ТЕРМОДИНАМИКА (2)
ТАПЕТАР - ДЕКОРАТЕР	ФИЗИКА (2)
ТЕХНИЧАР ЗА КОМПЈУТЕРСКО УПРАВЉАЊЕ	МЕХАНИКА (2), ЕЛЕКТРОНИКА И ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2), ХИДРАУЛИКА И ПНЕУМАТИКА (2)
ПРОИЗВОЂАЧ ПРЕХРАМБЕНИХ ПРОИЗВОДА	ФИЗИКА (2), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2), ТЕРМОДИНАМИКА (3)
МЕХАНИЧАР ГРЕЈНЕ И РАСХЛАДНЕ ТЕХНИКЕ	ТЕХНИЧКА ФИЗИКА (2), МЕХАНИКА (3), ОСНОВЕ ЕЛКТРОТЕХНИКЕ (2), ЕНЕРГЕТИКЕ (2), ТЕРМОДИНАМИКА И ХИДРАУЛИКА (2), ОСНОВЕ ТЕХНИКЕ МЕРЕЊА И АУТОМАТИЗАЦИЈЕ (2)
ДЕКОРАТЕР ЗИДНИХ ПОВРШИНА	СТАТИКА (2)
КЕРАМИЧАР – ТЕРАЦЕР - ПЕЋАР	СТАТИКА (2)
ПРЕРАЂИВАЧ МЛЕКА	НАСТАВНИ ПЛАН НИЈЕ ДОСТУПАН
ОПЕРАТЕР ЗА ПРЕРАДУ МЕТАЛА	ТЕРМОДИНАМИКА (2), МЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ СА АУТОМАТИКОМ (2), ИСПИТИВАЊЕ МЕТАЛА (2)
ВЕТЕРИНАРСКИ ТЕХНИЧАР	ФИЗИКА У ПРВОЈ ГОДИНИ (2), ФИЗИКА КАО ИЗБОРНИ У 3. И 4. ГОДИНИ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ТЕХНИЧАР	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (1)
ТЕХНИЧАР ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА	ФИЗИЧКА ХЕМИЈА (2)

21	РУДАРСКИ ТЕХНИЧАР ЗА ПРИПРЕМУ МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА	ФИЗИЧКА ХЕМИЈА (2), ОСНОВИ МАШИНСТВА И ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2)
22	МЕХАНИЧАР ПРИВРЕДНЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ/ИНДУСТРИЈСКИ МЕХАНИЧАР	ТЕХНИЧКА ФИЗИКА (2), МЕХАНИКА (3), ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2)
23	АУТОЕЛЕКТРИЧАР/ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧАР ЗА ЕЛЕКТРОНИКУ НА ВОЗИЛИМА	ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2, 2 ГОДИНЕ), ИЗБОРНИ: ФИЗИКА (2), ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЊА И ЕЛЕКТРОНИКА (2), ЕЛЕКТРОНИКА И ЕЛЕКТРОНСКИ СИСТЕМИ НА ВОЗИЛИМА (16 и 19, 2 ГОДИНЕ)
24	ЕЛЕКТРОИНСТАЛАТЕР/ ЕЛЕКТРИЧАР	ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ (2, 2 ГОДИНЕ), ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЊА (2), ЕЛЕКТРОНИКА (2), ЕЛЕКТРИЧНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ И ОСВЕТЉЕЊЕ (3), ЕЛЕКТРИЧНИ АПАРАТИ И УРЕЂАЈИ (2), ЕЛЕКТРИЧНЕ МРЕЖЕ И ПОСТРОЈЕЊА (2)
25	АВИОТЕХНИЧАР	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), ХЕМИЈА ИЛИ МЕХАНИКА (2), АЛАТИ И МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), АЕРОДИНАМИКА (1), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2), ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИКЕ (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), КОНСТРУКЦИЈА КЛИПНИХ МОТОРА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ГЕОГРАФИЈА ИЛИ ТЕХНИЧКА МЕХАНИКА СА МЕХАНИЗМИМА (2), СИСТЕМИ КЛИПНИХ МОТОРА И ЕЛИСА (5, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), КОНСТРУКЦИЈЕ ТУРБОМЛАЗНИХ МОТОРА (4, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), СИСТЕМИ ТУРБОМЛАЗНИХ МОТОРА (4, 1 ПОЛУГОДИШТЕ)
26	МЕХАТРОНИЧАР ЗА ТРАНСПОРТНЕ СИСТЕМЕ АЕРОДРОМА	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), МЕХАНИКА (2), АЛАТИ И МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА СА МЕРЕЊИМА (4), ТЕХНИЧКА МЕХАНИКА СА МЕХАНИЗМИМА (2), ЕЛЕКТРОНИКА (3), ХИДРАУЛИЧНИ И ПНЕУМАТСКИ СИСТЕМИ (4, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН И ОПРЕМА (4, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), МЕРНИ ПРЕТВАРАЧИ 2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), МЕХАТРОНСКИ СИСТЕМИ (8)
27	АВИОТЕХНИЧАР ЗА ВАЗДУХОПЛОВ И МОТОР	ФИЗИКА (2), ХЕМИЈА ИЛИ ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), АЛАТИ И МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), АЕРОДИНАМИКА (1), МЕХАНИКА (2), ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИКЕ (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), КОНСТРУКЦИЈА КЛИПНИХ МОТОРА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ЕЛЕКТРИЧНА И ЕЛЕКТРОНСКА ОПРЕМА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ФИЗИКА ИЛИ ИСТОРИЈА ВАЗДУХОПЛОВСТВА (2)
28	АВИОТЕХНИЧАР ЗА ЕЛЕКТРОНСКУ ОПРЕМУ ВАЗДУХОПЛОВА	ФИЗИКА (2), ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЕЛЕКТРОНИКЕ (2), ХЕМИЈА ИЛИ ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), АЛАТИ И МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), АЕРОДИНАМИКА (1), МЕХАНИКА (2), ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИКЕ (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ЕЛЕКТРИЧНА И ЕЛЕКТРОНСКА ОПРЕМА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ДИГИТАЛНА ЕЛЕКТРОНИКА (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ФИЗИКА ИЛИ ИСТОРИЈА ВАЗДУХОПЛОВСТА (2), ИМПУЛСНА ЕЛЕКТРОНИКА (4), ЕЛЕКТРООПРЕМА И СИСТЕМИ ВАЗДУХОПЛОВА (4)
29	МЕХАТРОНИЧАР ЗА РАДАРСКЕ СИСТЕМЕ	ФИЗИКА (2), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2), АЛАТИ И МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ТЕХНОЛОГИЈА ЕЛЕКТРОМАТЕРИЈАЛА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ХЕМИЈА ИЛИ ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), МЕХАНИКА (2), ЕЛЕКТРОНИКА (4), РАДИО-РАДАРСКИ ПРИМОПРЕДАЈНИЦИ (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ХИДРАУЛИЧНИ И ПНЕУМАТСКИ СИСТЕМИ (3, 1 ПОЛУГОДИПТЕ), ЕЛЕКТРИЧНА И ЕЛЕКТРОНСКА МЕРЕЊА (3, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН И ОПРЕМА (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ДИГИТАЛНА ЕЛЕКТРОНИКА (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ), ФИЗИКА ИЛИ ИСТОРИЈА ВАЗДУХОПЛОВСТА (2), ИМПУЛСНА ЕЛЕКТРОНИКА (2, 1 ПОЛУГОДИШТЕ)
30	ТЕХНИЧАР ВАЗДУШНОГ САОБРАЋАЈА	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), АЕРОДИНАМИКА (1), ФИЗИКА ИЛИ МЕХАНИКА (2), МЕХАНИКА ЛЕТА (2), ВАЗДУХОПЛОВНА МЕТЕОРОЛОГИЈА (8, 1 ПОЛУГОДИШТЕ)
31	ТЕХНИЧАР ВАЗДУШНОГ САОБРАЋАЈА ЗА БЕЗБЕДНОСТ	ФИЗИКА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА (1), ФИЗИКА ИЛИ НАЦИОНАЛНА ИСТОРИЈА ДРЖАВЕ И ПРАВА (2)

32	ТЕХНИЧАР ВАЗДУШНОГ САОБРАЋАЈА ЗА СПАСАВАЊЕ	ФИЗИКА (2), ГЕОГРАФИЈА ИЛИ ТЕХНИЧКА МЕХАНИКА СА МЕХАНИЗМИМА (2), ЕКОЛОГИЈА И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ (2), ЕЛЕКТРОТЕХНИКА (2), ФИЗИКА ИЛИ НАЦИОНАЛНА ИСТОРИЈА ДРЖАВЕ И ПРАВА (2)
33	ТЕХНИЧАР ЗА КОМПЈУТЕРСКО УПРАВЉАЊЕ	ФИЗИКА (2, У ПРВОЈ И ДРУГОЈ ГОДИНИ)
34	ЕЛЕКТРОТЕХНИЧАР ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА ЕНЕРГИЈЕ	НАСТАВНИ ПЛАН НИЈЕ ДОСТУПАН
35	ТЕХНИЧАР ЗА ЛОГИСТИКУ И ШПЕДИЦИЈУ	НАСТАВНИ ПЛАН НИЈЕ ДОСТУПАН

У табели 1 дат је преглед занимања чији су наставни планови конципирани према моделу дуалног образовања. У табели је такође наведено који од профила има наставу из предмета Физика или предмета базираних на примени физике. Може се видети да од укупно 16 профила у програму трогодишњег средњег стручног образовања, свега четири имају предмет Физика као обавезни у току једне године школовања са фондом од 2 часа недељно. Остали профили имају стручне предмете који у техничким школама подразумевају Техничку физику, Механику, Статику, Термодинамику, Хидраулику, Основе електротехнике и Основе мерења и ауотматизације. Наведени предмети се слушају у току једне године са фондом од 2 или 3 часа недељно. Оно што представља проблем јесте наставни кадар који реализује наставу из ових предмета. С обзиром да је реч о стручним школама предају их инжењери [12]. Такође, од укупно 18 профила у програму четворогодишњег школовања 10 има Физику као обавезан предмет са фондом од 2 часа у току недеље. Наставни план није доступан за два профила. У наставном плану преосталих занимања као обавезни наведени су предмети попут Термодинамике, Мерних инструмента са аутоматиком, Екологије и заштите животне средине, Испитивања метала, Основа машинства и електротехнике, Техничке физике, Механике, Електричних мрежа и постројења и други стручни предмети са фондом од 2 или 3 часа у току недеље.

Правилник о врсти стручне спреме наставника, стручних сарадника и помоћних наставника у стручним школама [12] има 493 стране, при чему за неке предмете у одређеним подручјима рада предвиђа ангажовање физичара, али тек у 8. 9. или 20. алинеји, ако школа не ангажује инжењера. Код предмета Термодинамика је наведено 20 инжењерских квалификација, а само две које одговарају образовању физичара, предмет Механику флуида по овом правилнику не може да предаје физичар. Овај проблем "преузимања компетенција" је посебно изражен у поглављима 4, 5 и 6 поменутог Правилника. На тај начин су на мала врата у образовни систем ушли инжењери електортехнике, машинства, саобраћаја, итд. који су изгубили посао у фабрикама и производним системима који више не раде. Такође, Правилник даје огромну слободу директору школе да запосли широки спектар стручњака који често врло мало или нимало у свом суштинском образовању имају везе са физиком.

Како заиста изгледа настава која се реализује према представљеним плановима, тешко је замислити. Негде су исходи веома јасни и праћењем наставног плана може се сагледати логичан след образовног процеса.

ЗАКЉУЧАК

Анализирајући предложене наставне планове стиче се утисак постојања неусклађености законске основе и практичне реализације. Чињеница која би требало да буде главна окосница дуалног образовања у средњим стручним школама јесте потреба локалне самоуправе за одговарајућом врстом кадрова, у складу са стањем привреде у

посматраном округу. Као и у већини иновација које се уводе у систем образовања помало се ипак чини да је формално уведена. Нажалост, физика је добила нов снажан ударац који води лажном обликовању "кадрова" који са површним знањем неће бити ни довољно компетентни ни довољно конкурентни на тржишту рада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон о дуалном образовању ("Сл. гласник РС", бр. 101/2017).
2. Дуално образовање, некад и сад (Интервју-Србијанка Турајлић, Глас Подрињa“, бр.3592 од 2.6.2016., стр. 6, 7).
3. ETF – European Training Foundation (ed.) Work-based learning. A Handbook for policy makers and social partners in ETF partner countries. Torino: ETF, 2014 URL: http://www.etf.europa.eu/web.nsf/pages/Work_based_learning_handbook
4. Дуално средње стручно образовање у Србији – Студија изводљивости URL: http://www.pks.rs/SADRZAJ/Files/Centar%20za%20edukaciju/GIZ%20VET%20-%20Dualno%20obrazovanje%20STUDIJA%20Srpski%20WEB%20s2.pdf (25.01.2018.).
5. W. Bliem , A. Petanovitsch, K. Schmi, Success factors for the Dual SSOV system. Wien: ibw Forschungsbericht 177, 2014.
6. ETF – European Training Foundation (ed.). Torino process 2014. Serbia, 2015 URL: http://www.etf.europa.eu/webatt.nsf/0/45A40171227F354DC1257E4C003E8A0A/$file/TRP%202014%20Serbia_EN.pdf (25.01.2018).
7. Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године ("Сл. гласник РС", бр. 107/2012).
8. ETF – European Training Foundation (ed.) (2013a). Mapping of educational policies and practices for social inclusion and social cohesion in the Western Balkans, Turkey and Israel. Country report: Serbia. URL:http://www.etf.europa.eu/eventsmgmt.nsf/(getAttachment)/871577FE7331CEF0C1257C28002CC181/$File/SERBIA%20 -%20FINAL%20Report.pdf (25.01.2018.).
9. ETF – European Training Foundation (ed.) (2015). Torino process 2014. Serbia. URL: http://www.etf.europa.eu/webatt.nsf/0/45A40171227F354DC1257E4C003E8A0A/$file/TRP%202014%20Serbia_EN.pdf (25.01.2018.).
10. Завод за унапређивање образовања и васпитања URL: http://www.zuov.gov.rs/ (25.01.2018.).
11. URL: http://srednjeskole.edukacija.rs/zanimanja (25.01.2018.).
12. Правилник о врсти стручне спреме наставника, стручних сарадника и помоћних наставника у стручним школама ("Сл. гласник РС - Просветни гласник", бр. 5/91, 1/92, 21/93, 3/94, 7/96, 7/98, 3/99, 6/2001, 3/2003, 8/2003, 11/2004, 5/2005, 6/2005, 2/2007, 4/2007, 7/2008, 11/2008, 5/2011, 8/2011 и 9/2013) (2.2.2018.).

Нобелова награда за откриће гравитационих таласа: да ли ће их бити још?

Горан С. Ђорђевић, Данило Делибашић, Љубиша Нешић

Департман за физику, Природно-математички факултет у Нишу, Србија

Апстракт. Пре нешто више од једног века, Алберт Ајнштајн је формулисао Општу теорију релативности, као класичну теорију гравитације. Једно од предвиђања ове теорије, на чију се потврду најдуже чекало, су гравитациони таласи. Фантастичан напредак технологије довео је до прве детекције гравитационих таласа 2015. године на детектору LIGO. За допринос овом открићу Нобелова награда за физику за 2017. годину додељена је Рајнеру Вајсу, Беријy Беришу и Кипу Торну, са образложењем: „за одлучујући допринос ЛИГО детектору и опажање гравитационих таласа“. Теоријска основа, техничке карактеристике детекције и опажени астрофизички процеси који су извори таласа су тема овог рада. Такозвани примордијални гравитациони таласи, које предвиђа Стандардни космолошки модел, посебно његов део – „Теорија инфлације“, још увек нису регистровани. Шта су примордијални гравитациони таласи и какве су могућности за њихово детектовање је такође размотрено.

Кључне речи: општа теорија релативности, гравитациони таласи, Нобелова награда за физику, примордијални гравитациони таласи.

УВОД

Може се рећи да је наше разумевање Свемира, његове структуре и динамике, засновано на детектовању и разумевању таласа. Електромагнетни таласи су нам пружили далеко највећи део информација које поседујемо о планетама, далеким звездама и галаксијама. Уска област спектра, која нам је дуго била једина доступна – видљива светлост, је постепено проширена када су на сцену ступиле нове области астрономије – инфрацрвена, радио и високо-енергетска астрономија. Сваки нови „прозор“ који је отворен је представљао револуцију у астрономији и пружао нам све дубљи увид у природу Свемира.

Прва детекција гравитационих таласа, емитованих у колапсу бинарног система црних рупа, се одиграла 14. септембра 2015. године [1]. Значај ове детекције је двострук. Најпре, овим је последње „велико“ предвиђање Опште теорије релативности коначно потврђено. Затим, откриће гравитационих таласа пружа непроцењиву, квалитативно нову могућност за изучавање Свемира. Астрономија заснована на „телескопима“ који „посматрају“, или, боље речено, „слушају“[1], гравитационе таласе је рођена и очекивања која се у њу полажу су веома велика.

Иако у повоју, астрономија заснована на гравитационим таласима нам је већ пружила непроцењиве информације – први пут је директно детектовано спајање црних рупа и потврђено постојање бинарних система црних рупа. Након прве детекције, регистровано

[1] Иако је природа гравитационих таласа веома различита од природе звука, типичне фреквенције недавно детектованих гравитационих таласа су у опсегу фреквенција звука које је људско уво у стању да детектује [2].

је још пет сигнала који потичу од колапса бинарног система црних рупа. Најновији сигнал, регистрован 17. августа 2017. године, потиче од колапса бинарног система *неутронских звезда* [3]. Тада је први пут истовремено посматрано електромагнетно (класичним телескопима) *и* гравитационо зрачење неког система, а детектори гравитационог зрачења су постали својеврсан аларм-систем за телескопе широм света.

Грацитациони таласи би нам у будућности могли много тога рећи о евентуалном постојању огромних једнодимензионалних тополошких дефеката формираних у раном Свемиру – тзв. космичких струна, затим о процесу космолошке инфлације[2], који се одиграо непосредно након Великог праска и који је праћен емитовањем примордијалних гравитационих таласа. Откриће ових таласа би готово сигурно заслужило доделу нове Нобелове награде за физику.

ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ГРАВИТАЦИОНИХ ТАЛАСА

Гравитациони таласи се јављају као (једно од) решења основних једначина Опште теорије релативности (ОТР), коју је формулисао Алберт Ајнштајн, 1915. године. Ајнштајн је из корена променио перпцепцију гравитације, као и самог времена и простора. Најпре, простор и време је објединио у јединствени ентитет – простор-време. У оквиру ОТР, може се рећи да гравитација више није схваћена као сила, већ као „закривљење" простор-времена које изазивају масивна тела. Растојање између две (инфинитезимално блиске) тачке простор-времена у Ајнштајновој ОТР је дато следећим изразом:

$$ds = \sqrt{g_{\mu\nu}(x)dx^{\mu}dx^{\nu}}, \;\; \mu = 0,1,2,3, \tag{1}$$

где су x^{μ} просторно-временске координате, а $g_{\mu\nu}$ представљају компоненте метричког тензора – функције просторно-временских координата које садрже информацију о геометрији простор-времена. Основне једначине ОТР – Ајнштајнове једначине [4, 5] су дате у тензорском облику:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}, \tag{2}$$

где су $R_{\mu\nu}$ и $T_{\mu\nu}$ компоненте Ричијевог тензора и тензора енергије-импулса, респективно, R – Ричијев скалар, G – универзална гравитациона константа, а c – брзина светлости (у вакууму). Грубо говорећи, лева страна једначине (2) описује *геометрију* простор-времена, десна страна *материју*, а читава једначина даје везу између одговарајућих величина.

Сада можемо видети на који начин се гравитациони таласи природно јављају као решења Ајнштајнових једначина (2) у вакууму[3]: претпоставимо најпре да је амбијентна, тј. позадинска геометрија простор-времена дата компонентама метричког тензора означеним са $g_{\mu\nu}^{(0)}$. Претпоставимо сада да се кроз простор-време простире неки мали „поремећај", тј. пертурбација, тако да је „укупна" метрика дата изразом:

$$g_{\mu\nu} = g_{\mu\nu}^{(0)} + h_{\mu\nu}, \tag{3}$$

где величина $h_{\mu\nu}$ карактерише интензитет тих пертурбација. Уношењем израза (3) у једначине (2), добија се Даламберова таласна једначина [4, 5]:

$$\Box h_{\mu\nu} = 0. \tag{4}$$

[2] Имати у виду да, иако постојање периода космолошке инфлације још увек није дефинитивно директно потврђено, теорија инфлације данас представља подразумевани део Стандардног космолошког модела.

[3] У вакууму је $T_{\mu\nu} = 0$.

Сада јасно сагледавамо природу гравитационих таласа – оно што се „таласа“ је само *простор-време*! Услед проласка гравитационих таласа, растојање између две тачке простор-времена се периодично повећава и смањује, а пертурбације компоненти метричког тензора $h_{\mu\nu}$ дају меру промене овог растојања – прецизније, оне представљају *релативну промену растојања* између две тачке простор-времена.

Нагласимо важну разлику између гравитационих и електромагнетних таласа: при разлагању електромагнетног зрачења по мултиполима, утврђује се да је монополно зрачење забрањено услед закона одржана наелектрисања. Зрачење најнижег дозвољеног реда је диполно зрачење. И у случају гравитационих таласа је монополно зрачење забрањено, због закона одржања енергије, али је и диполно зрачење забрањено, због закона одржања импулса. Зрачење најнижег дозвољеног реда је квадруполно зрачење. Систем који емитује овакво зрачење је врло лако реализовати – чине га два масивна тела у орбити једно око другог. Амплитуду гравитационих таласа које производи један овакав систем је могуће проценити и помоћу њутновског разматрања и димензионалне анализе [6] – нумеричка вредност добијеног резултата[4] је $h_{\mu\nu}\sim10^{-20}$ (егзактно добијена вредност помоћу ОТР је нешто мања од ове). С обзиром на то да је амплитуда гравитационих таласа генерално изузетно мала, постаје јасно зашто се на њихову детекцију чекало готово стотину година од када је Анјштајн[5] сугерисао њихову егзистенцију, а готово 60 од када је први пут предложен метод њихове детекције [7].

ДЕТЕКЦИЈА, ЛИГО И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА ГРАВИТАЦИОНИХ ТАЛАСА

Детекција

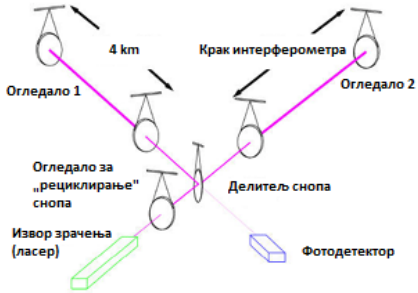
Истакнимо најпре да је постојање гравитационих таласа индиректно потврђено 1979. године на основу посматрања бинарног пулсара. Расел Алан Халс и Џозеф Хутон Тејлор - млађи су утврдили да овај систем губи енергију која је у складу са емисијом гравитационих таласа. Ово откриће им је донело Нобелову награду 1993. године.

Детектори који се употребљавају за директну детекцију гравитационих таласа се деле на: механичке, интерферометарске и високофреквентне [8]. Проучимо детаљније једине (за сада) детекторе који су забележили позитиван исход мерења – интерферометарске.

Принцип рада интерферометарског детектора се базира на појави ласерске интерференције и приказан је на слици 1. Ласерски сноп извора се дели на два, који путују кроз различите кракове интерферометра. Снопови се затим поново спајају, при чему долази до њихове интерференције – интензитет новонасталог снопа се мери помоћу фотодетектора. Иницијална конфигурација је таква да се постиже деструктивна интерференција (лакше је регистровати промену са нулте осветљености, него са ненулте). Пролазак гравитационих таласа изазива „таласање“ простор-времена унутар интерферометра – јавља се промена путне разлике између два снопа, која „ремети“ коначни интерферентни сигнал који региструје фотодетектор. Промена интерферентног сигнала значи позитивну детекцију гравитационих таласа.

[4] Приказана вредност се односи на бинарни систем који се састоји од две типичне црне рупе, у ситуацији када се њихови хоризонти догађаја додирују.

[5] Сам Ајнштајн је веровао да гравитациони таласи никада неће моћи бити детектовани.



СЛИКА 1. Принцип рада интерферометарског детектора. Извор: *http://space.mit.edu/LIGO/more.html*

Лиго

Досадашњи сигнали су детектовани од стране колаборације[6] ЛИГО (LIGO – Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), која се састоји из три детектора – два су лоцирана у Хенфорду, Вашингтон и један у Ливингстону, Луизијана (САД). Однедавно је оперативна и ВИРГО (VIRGO – по Вирго кластеру галаксија) лабораторија, лоцирана близу Пизе (Италија). Лабораторије су током свог рада претрпеле бројне надоградње, ради побољшања осетљивости мерења, тако да сада носе префиксе „a“ (a – advanced).

Да би стекли мало бољи увид у саму комплексност ових експеримената, истакнимо какве све „фине“ ефекте ЛИГО и ВИРГО морају узимати у обзир, с обзиром на изузетно ниске амплитуде гравитационих таласа, да би се избегле „лажне“ детекције сигнала: квантни ефекти у ласерима, термално кретање атома на површини огледала, разни сеизмички ефекти (нпр. ударање морских таласа у обале), итд.

Интерпретација

Осврнимо се укратко и на интерпретативни аспект гравитационих таласа, тј. на само простор-време као „медијум“ кроз који се гравитациони таласи простиру. Можда је интересантно начинити аналогију са механичким таласима и поставити питања везана за „материјал“ од кога је простор-време сачињено? На пример – да ли је могуће израчунати Јангов модул еластичности простор-времена?

У литератури [9] се може наћи неколико приступа у покушају да се утврди вредност Јанговог модула E_Y простор-времена: најпре претпостављајући да је простор-време састављено од танких плоча ширине Планкове дужине, затим да је оно сачињено од изузетно танких, кратких „струна“, као и на основу Казимировог ефекта[7]. Сваки од ових приступа је давао приближно идентичне и огромне вредности $E_Y \sim 10^{113} \frac{N}{m^2}$.[8] Овакве процене сугеришу да је Јангов модул еластичности простор-времена за око 100 редова величине већи од модула еластичности било ког познатог материјала, што „објашњава“ јако мале вредности амплитуда гравитационих таласа.[9]

[6] Први сигнали су детектовани једино у лабораторији ЛИГО – последњи сигнал је први који су детектовале и ЛИГО и ВИРГО.

[7] Казимиров ефекат представља појаву привлачне силе слабог интензитета између две паралелне (ненаелекетрисане!) плоче. Ова сила се јавља услед квантних вакуумских флуктуација електромагнетног поља.

[8] Поређења ради, вредност Јанговог модула еластичности дијаманта износи $E_Y \sim 10^{12} \frac{N}{m^2}$.

[9] Имати у виду да је ово само рудиментарна процена, заснована у великој мери на механи(цисти)чким аналогијама. Питање природе простор-времена је далеко од разрешеног.

ИЗВОРИ ГРАВИТАЦИОНИХ ТАЛАСА

У најкраћем, гравитационе таласе изазива убрзано кретање (које није сферно симетрично) објеката ненулте масе. Стога је Свемир дом и сцена многобројних и разноврсних извора гравитационих таласа са веома широким спектром могућих фреквенција (од веома малих – 10^{-16} Hz до реда kHz, барем када је реч о њиховој реалистичној „детектибилности“) [6].

Извори гравитационих таласа се могу поделити у 4 основне групе:

1) Кратко-живећи и теоријски добро моделовани системи;
2) Кратко-живећи и слабо проучени системи;
3) Дуго-живећи и теоријски добро моделовани системи;
4) Дуго-живећи, широко распрострањени – дифузни извори.

До сада је откривено 7 извора гравитационих таласа и сви они спадају у прву групу. Реч је о процесима „судара“ или стапања црних рупа, као и сличним процесима између неутронских звезда [3]. У другу групу спадају супернове, а пулсари у трећу. У следећој секцији ћемо рећи нешто више о изворима 4. групе, који можда имају највећи значај за даљи развој физике и космологије и за чије се детектовање тренутно улажу знатна средства!

ИНФЛАТОРНИ СВЕМИР – ИЗВОР ГРАВИТАЦИОНИХ ТАЛАСА

Као и у случају гравитационих таласа, савремена космологија се базира на Ајнштајновим једначинама (2). У раду објављеном 1922. године Александар Фридман, уз претпоставке о „садржају“ свемира (густини и притиску), долази до једначина решења које описују Свемир који се шири или сажима. Потврда ових модела стигла је 1929. године из посматрања Едвина Хабла. Основе модела Великог праска, идеје која потиче од Жоржа Леметра, поставио је Џорџ Гамов са сарадницима 1946. године. Теорија је предвиђала и постојање заосталог зрачења, насталог у врелом и густом свемиру, потврђеног детектовањем космичког позадинског зрачење (*Cosmic Microwave Background*, CMB) 1964. године.

Стандардни космолошки модел није могао да објасни бројне проблеме, посебно геометрију свемира („равност“), хоризонт догађаја, итд. Допуна модела, кроз увођење фазе убрзаног, инфлаторног ширења свемира, почиње 80-их година прошлог века радом бројних истраживача (Алексеј Старобински, Алан Гут, Андреј Линде, итд).

Суштина решавања Ајнштајнових једначина, самим тим и сваког космолошког модела, лежи у налажењу непознате просторно-временске метрике. У просторно хомогеном и изотропном свемиру, са одговарајућом метриком, проблем се своди на налажење динамике фактора (ширења) скале *a(t):*

$$ds^2 = c^2dt^2 - a^2(t)\left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right)\right]. \qquad (5)$$

Након уношења података и претпоставки о „садржају“ свемира (густини материје-енергије ρ и притиска p) долази се до две Фридманове једначине које омогућавају налажење промене фактора скале, као и његовог „убрзања“:

$$H^2 \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2}, \qquad (6)$$

$$\dot{H} + H^2 = \frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}\left(\rho + \frac{3p}{c^2}\right). \tag{7}$$

У следећим еквивалентним случајевима долази до експоненцијално брзог увећања фактора скале – инфлаторног ширења свемира:

$$\frac{d}{dt}(aH)^{-1} < 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{d^2a}{dt^2} > 0 \quad \Leftrightarrow \quad \rho + 3p < 0, \tag{8}$$

одређеног Хабловим параметром *H*.

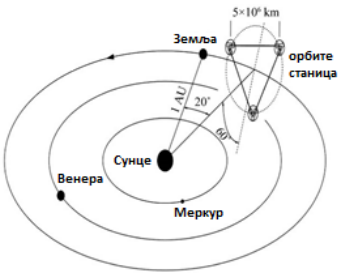
Сваки од многобројних инфлаторних модела предвиђа креацију „стохастичке" позадине гравитационих таласа и „кодира" јединствену информацију о физици раног Свемира. Бројни су механизми продукције гравитационих таласа – од квантних флуктуација гравитационог поља и продукције честица из изворног скаларног поља током инфлације, до каснијих фаза поновног загревања Свемира. У основи већине инфлаторних модела лежи Лагранжева теорија једног скаларног поља:

$$S = \int d^4x\sqrt{-g}\left[\frac{M_{\mathrm{Pl}}^2}{2}R + \frac{1}{2}\partial_\mu\phi\partial_\nu\phi g^{\mu\nu} - V(\phi)\right]. \tag{9}$$

Грубо говорећи, (почетне – примордијалне) тензорске осцилације метрике довешће до једначине гравитационих таласа [10] сличних изразима (3) и (4). Креирани гравитациони таласи ће током инфлације (која траје око 10^{-34} s) и каснијег, споријег ширења знатно изменити почетне таласне дужине и фреквенцију, тако да њихове кодиране трагове треба тражити у ефектима поларизације микроталасног позадинског зрачења [11].

ЛИЗА

Планирани положај, а нарочито кретање „ЛИЗЕ" у Свемиру, нису сасвим нове идеје, али су врло интересантне, технички захтевне за реализацију и даће велике предности у детекцији изузетно слабих сигнала примордијалних гравитационих таласа. Принцип детекције је такође интерферометарски, али, за разлику од детектора ЛИГО и ВИРГО – који се налазе на површини Земље, ЛИЗА ће се налазити у орбити око Сунца. Састојаће се од три свемирске станице, на (средњем) међусобном растојању од око 2.5 милиона km. Промене растојања између станица ће бити праћене, у потрази за онима које су изазване проласком гравитационих таласа. Тест мисија под називом ЛИЗА Патфајндер (LISA Patfinder) је лансирана 2015. године, са циљем да докаже реализабилност ЛИЗА мисије – која је успешно доказана и мисија ЛИЗА је 20. јуна 2017. званично добила одобрење од стране Европске свемирске агенције. Шематски приказ ЛИЗЕ је дат на слици 2.



СЛИКА 2. Шематски приказ ЛИЗЕ и њеног положаја у Сунчевом систему. Извор: https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/lisa-pathfinder

ЗАКЉУЧАК

Откриће гравитационих таласа је један од најзаначајнијих научних догађаја у последњих неколико деценија, чији се ефекти и потенцијал вероватно не могу сада у потпуности сагледати. Посебно у физици. Поред директне потврде једне од „последњих“ преосталих предвиђања ОТР, оно отвара нове хоризонте у астрофизици и космологији и може представљати један од кључних корака у развоју теорије која измиче најбриљантнијим умовима већ близу 100 година – Теорији квантне гравитације. Такође, скициране теоријске поставке, технолошка достигнућа и мултидисциплинарни приступ хиљада истраживача у периоду од око једног века, надамо се помажу да се стекне увид у тријумф науке и технологије нашег доба, као и суштинску једноставност физичких процеса који леже у основи читавог феномена.

Надамо се да ће креативни истраживачи, наставници, студенти, ученици у нашој средини наћи начина да део изложеног, и још много тога више изван овог кратког текста и приложених референци, искористити као мотивацију и инспирацију да на педагошки и једноставан начин гравитационе таласе представе свом окружењу.

Већ постојеће „гравитационе опсерваторије“ и оне које ће ускоро бити у функцији, као еЛИЗА, која би требало да буде оперативна кроз 16 година, што је на овом ниову науке практично „сутра“, ће сигурно донети нова узбудљива открића (са великим шансама за доделу једне или више Нобелових награда!) и бити инспирација за даље укључивање наших истраживача у актуелна истраживања, постојеће и будуће колаборације на светском нивоу.

ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујемо се организаторима скупа на позиву. Наш рад је делимично финансијски подржан путем пројеката: SEENET-MTP – ICTP PRJ-09 и NT-03 “Cosmology and Strings”, ресорног националног Министарства ОИ 174020 и ОИ 176021, као и CERN-TH департмана.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. P. Abbott et al., *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger*, Phys. Rev. Lett. **116** (6), 061102 (2016)
2. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2017/popular-physicsprize2017.pdf
3. B. P. Abbott et al., *GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral*, Phys. Rev. Lett. **119** (16), 161101 (2017)
4. C. M. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler, *Gravitation*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1973.
5. L. D. Landau, E. M. Lifshitz, *The Classical Theory of Fields*, Pergamon Press, 1971.
6. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2017/advanced-physicsprize2017.pdf
7. H. Bondi, *Plane Gravitational waves in the general relativity*, Nature **179**, 1072 (1957)
8. Б. Николић, *Гравитациони таласи – од теорије до директне детекције*, Настава физике **3**, 213-221 (2016)
9. D. Izabel, *Can we estimate the Young’s modulus of the space-time from simple analogies based on concepts of the strength of materials? Reflection and proposals*, HAL (2017)
10. M. C. Guzzetti, N. Bartolo, M. Liguori, S. Matarrese, *Gravitational waves from inflation,* Riv. Nuovo Cimento **39** (2016) 9, 399-495; arXiv:1605.01615 [astro-ph.CO]
11. A. Ricciardone, *Primordial Gravitational Waves with LISA,* arXiv:1612.06799v1

Демонстрациони огледи из осцилација и таласа

Ана Жлибар[1], Ненад Стевановић[2], Владимир М Марковић[2]

[1]Прва крагујевачка гимназија, Крагујевац
[2]Природно-математички факултет, Крагујевац

Апстракт. Кретање које се понавља током времена назива се периодично кретање. Два основна облика периодичног кретања су: равномерно кружно кретање и осцилаторно кретање. Осцилаторно кретање се одвија проласком кроз равнотежну тачку. На часу физике најчешћи примери осцилаторног кретања су математичко клатно и тело које је везано за опругу. У овом раду ће бити демонстрирани огледи којима се може објаснити осцилаторно кретање, величине које га описују као и могуће формирање и преношење таласа изазваним осцилаторним кретањем.

Кључне речи: пригушене и принудне осцилације, резонанција, таласи, звук

УВОД

Осцилаторно кретање и таласи су наставне теме физике које се обрађују и у основним и у средњим школама. Од великог значаја при њиховој обради су демонстрациони огледи. Демонстрациони оглед може да буде метода за учење, средство за остваривање очигледности у настави, извор знања као и извор мотивације ученика. Избор огледа као и методика њиховог извођења зависи од циљева које наставник поставља за тај час [1]. У уџбеницима који су присутни на нашем тржишту присутан је велики број примера. Најчешће су то огледи који се односе на тело окачено за опругу или математичко и физичко клатно [2-7]. Пред наставника су стављени данас тешки задаци. Очекује се да у ери високе технологије кроз коју су ученици бомбардовани привлачним садржајима наставник ученику привуче пажњу садржајима физике. Захваљујући чињеници да је физика експериментална наука, тај посао може бити у многоме олакшан. У ту сврху овде је представљен низ примера који се могу искористити, а који нису доступни у уџбеницима.

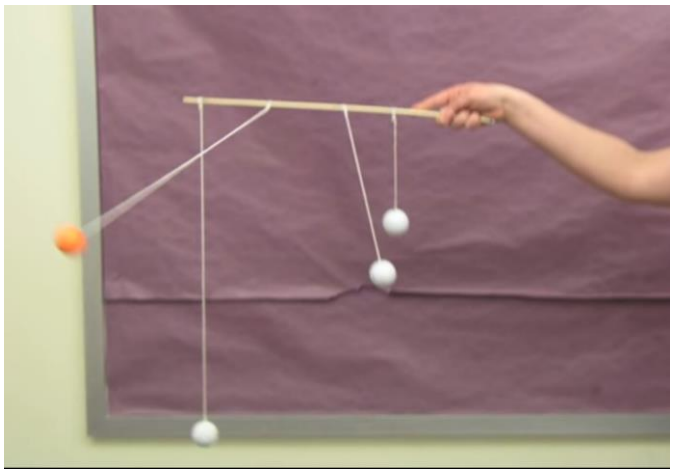
ОСЦИЛАЦИЈЕ

Осцилације могу бити слободне, пригушене и принудне. Да би биле слободне потребно је да нема отпора средине и трења услед чега би осцилатор губио енергију. Таквих осцилација у природи готово да нема. Пригушене настају услед губитака енергије. Код таквих осцилација у току времена амплитуда експоненцијално опада [8]. Како би график зависности елонгације тј. амплитуде од времена ученицима био разумљивији могуће је направити осцилатор који ће остављати траг при свом кретању. Подлога на којој оставља траг треба да буде покретна. Такав један пример је на слици 1 [9].

Да би се амплитуда одржала константном, потребна је додатна сила – принудна сила. У тренутку када се фреквенција принудне силе осцилатора приближи сопственој фреквенцији осцилатора настаје максимална амплитуда осциловања. Ова појава је позната као резонанција. За демонстрацију резонанције могу се користити клатна различите дужине (слика 2). Човекова рука игра улогу принудне силе. Када се фреквенција

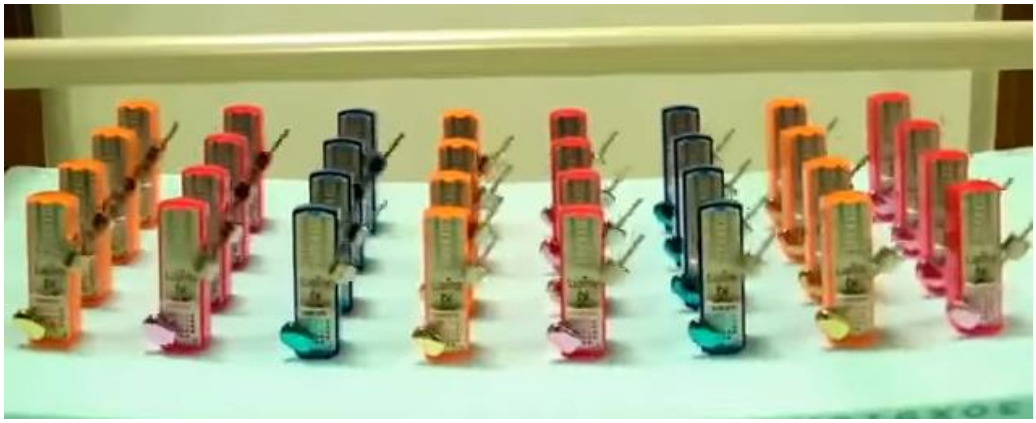
руке поклопи са фреквенцијом клатна одређене дужине, то клатно ће имати највећу амплитуду осциловања [10].

СЛИКА 1. Демонстрација опадања амплитуде код пригушених осцилација [9]



СЛИКА 2. Демонстрација резонанције клатнима различите дужине. Фреквенција померања руке поклапа се са фреквенцијом клатна наранџасте куглице, па то клатно има највећу амплитуду [10].

За демонстрацију резонанције и ефеката које може да направи могу се користити метрономи. Они се поређају као што је то на слици 3. Метрономи се пусте у рад. С обзиром да нису истовремено пуштени, неће бити синхронизовани од самог почетка. Захваљујући преносу енергије кроз подлогу, после неког времена они ће се синхронизовати. Тада ће и подлога осциловати истом фреквенцијом [11].



СЛИКА 3. Метрономи у тренутку када су синхронизовани. Служе за демонстрацију преноса енергије осциловања и резонанције [10].

Комбинујући магнете, батерију и проводник, и сами ученици могу да направе осцилатор (слика 4). Изазовно за њих би било да објасне рад комбинујући знање електромагнетизма [12].

СЛИКА 4. Осцилатор који ученици сами могу да направе [12].

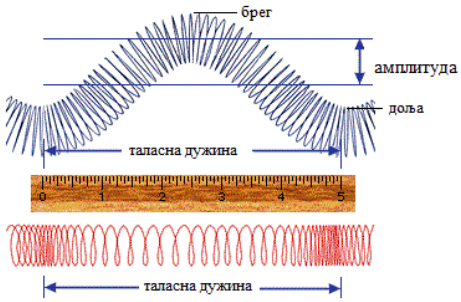
ТАЛАСИ

Таласи представљају процес преношења осциловања кроз материјалну средину, у простору и времену. Оваква дефиниција таласног кретања је ученицима веома апстрактна. У циљу њеног разумевања ученици се могу ставити у улогу честица које осцилују. Пример је талас који праве публика на трибинама утакмице. Ученици у одељењу праве талас. Након тога уз пар потпитања они су у могућности да сами дефинишу таласно кретање.

Стојећи таласи се могу демонстрирати дугачким гуменим цревом, на чијим крајевима су два ученика. Уколико се један крај фиксира, а други заосцилује одговарајућом фреквенцијом, формираће се стојећи талас.

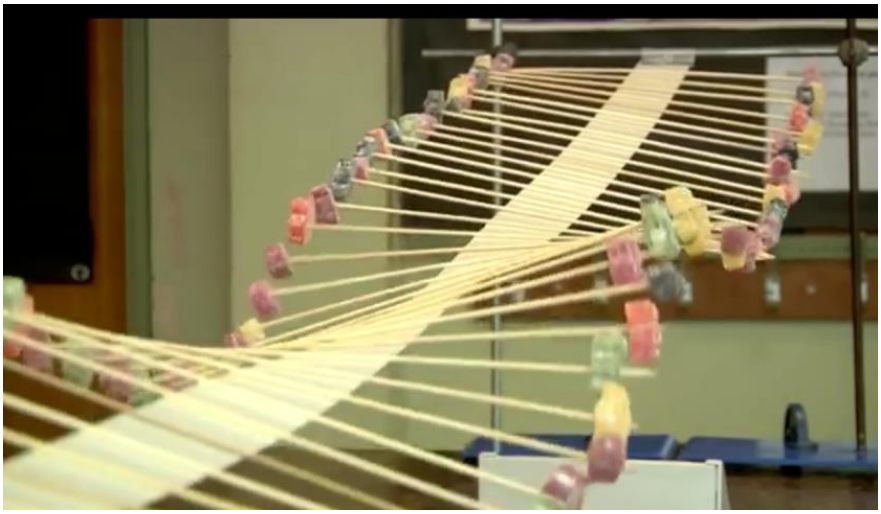
Трансверзални и лонгитудинални таласи се могу демонстрирати дечијом играчком (слике 5 и 6) [13]. Веома једноставно може да се направи и „таласна машина“ (слика7).

СЛИКА 5. Дечија играчка која може да се користи за демонстрацију лонгитудиналних и трансверзалних таласа [13]



СЛИКА 6. Трансверзални и лонгитудинални таласи [14]

Може се направити једноставна „таласна машина“ за демострацију таласног кретања (слика 7)



СЛИКА 7. Пример „таласне машине“ која се може направити за демонстрацију таласа [15]

СЛИКА 8. Потребан материјал за визуелизацију звука [16]

Звук је пример механичког таласа који човек не може да види. Постоји начин да се он визуелизује. У ту сврху су потребни: ласер, маказе, извор звука, парче ластиша, лепак (може уместо лепка лак за нокте), пластична чаша, мало парче огледала, лепљива трака и самоприањајућа фолија (користи се у кухињи). На пластичну чашу се стави самоприањајућа фолија тако да затвори чашу и да буде затегнута. Ластишом се чврсто веже. Чаша се исече попречно на нешто мање од пола. На фолију која је затворила отвор, на средину, лепком се залепи парче огледала. То се постави испред звучника као што је то на слици 9. Наспрам ове поставке треба да буде чист зид. Између зида и поставке ставља се ласер уперен у огледалце на чаши. Када се укључи музика, фолија на чаши ће вибрирати, самим тим и огледалце се помере па и рефлектована светлост. На зиду ће се појавити светлосне линије. Најбољи ефекат се добија ако је просторија замрачена (слика 10) [16]. Овај оглед садржи више појава које ученици могу да анализирају: шта је то звук, пренос звучних таласа, шта је извор звука, преламање и одбијање светлости.

СЛИКА 9. Поставка за визуелизацију звука [16]

СЛИКА 10. Визуелизован звук [16]

ЗАКЉУЧАК

Настава физике ученику може да буде и занимљива и омиљена. Истовремено пружају му се и никад разноврснија и доступнија средства.

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је подржан од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, кроз пројекат 171021.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. О. Распоповић, Методика наставе физике, *Завод за уџбенике и наставна средства*, 1992.
2. С. Божин, М. Распоповић и Е. Даниловић, Физика за трећи разред гимназије природно-математичког и општег смера, *Завод за уџбенике и наставна средства*, 1997.
3. М. М. Митровић, Физика 8 – уџбеник за 8. разред основне школе, *Сазнање*, 2016.
4. Н. Каделбург, Физика 8 – уџбеник за 8. разред основне школе, *Круг*, 2010.
5. Н. Каделбур и В. Рапајић, Физика 3 за трећи разред математичке гимназије, *Круг*, 2004.
6. М. Радојевић, Физика – уџбеник за 8. разред основне школе, Klett, 2017.
7. Н. Каделбург и К. Панић, Физика за трећи разред гимназије, *Круг*, 2009
8. Б. Жижић, Курс опште физике – физичка механика, *Научна књига*, 1979.
9. URL: https://www.youtube.com/watch?v=g7O0jXlIrdE (31. .01.2018.)
10. URL: https://www.youtube.com/watch?v=lWv98Lu53K8 (31. .01.2018.)
11. URL: https://www.youtube.com/watch?v=_bJ1gNnlsfE (31. .01.2018.)
12. URL: https://www.youtube.com/watch?v=o8VxPNwRuxA (31. .01.2018.)
13. URL: https://www.youtube.com/watch?v=72ebnrTLp7Y
14. URL: https://sites.google.com/site/veselaskolica/fizika/zanimljivosti-fizika/zanimljivo-iz-sveta-fizike/talasi (31. .01.2018.)
15. URL: https://www.youtube.com/watch?v=VE520z_ugcU (31. .01.2018.)
16. URL: https://www.youtube.com/watch?v=vOsYzC2N0Vc (31. .01.2018.)

Како се забавити и учити помоћу приручних експеримената

Оливер Зајков

Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Природно-математички факултет, Скопје, Македонија

Апстракт. Експеримент је неизоставни део наставе из физике. Нажалост, школе нису довољно добро опремљене да би наставници могли укључити експеримент онолико колико би требало. Овај рад предлаже неколико експеримената који се могу реализирати помоћу свакодневних приручних средстава, које ученици могу наћи у свом дому или у обичној продавници. Предложене су и варијанте које би могле бити употребљене, не само као истраживачки експерименти или као демонстрације за дискусију, већ и као атрактивни експерименти за забаву.

Кључне речи: приручни експерименти, свакодневни материјали, учење помоћу експеримента.

УВОД

Експеримент је најважније едукативно и мотивационо средство у настави физике. Такорећи свака активност која се базира на експерименту може да мотивише ученике у више различитих смерова: решавање техничких и конструкторских проблема, дизајнирање нових уређаја и поступака, добијање нових информација, аналитичке активности, креирање модела итд. То значи да сваки ученик, независно колико воли физику, независно колико је заинтересован за њу и независно од тога које су његове професионалне перспективе, може пронаћи себе у овим активностима [1].

Према једној од категоризација, експерименте можемо поделити у три групе:

1. Демонстрације
2. Демонстрациони експерименти
3. Истраживачки експерименти.

Демонстрација значи јавно, отворено и очигледно приказивање нечега. Демонстрација траје релативно кратко и треба бити једноставна да би могла да се понови више пута ако је потребно. Често се изводи на почетку часа, да би најавила нову тему или наставну јединицу, да би побудила интерес и што је још важније, да побуди ученике на размишљање. Највећи недостатак демонстрације је истовремено и њена предност, а то је да је изводи наставник, што значи да ученици нису непосредно активни, па нема потребе за већим бројем експерименталних комплета да би могли сви ученици да раде.

Истраживачки експеримент изводе ученици у току часа и служи за откривање нових информација и нових знања. Ученици добијају процедурална знања и вештине, а резултати који добијају су квантитативни.

Демонстрациони експеримент је нешто између демонстрације и истраживачког експеримента. Служи за откривање нових знања и закона, као и истраживачки експеримент, али најчешће га изводи наставник фронтално, а резултати могу бити и квалитативни.

Наставници су заинтересовани за коришћење експеримената у настави и поред тога што постоји низ проблема у њиховој примени: недостатак опреме, недостатак времена на

часу, технички проблеми, неискуство ученика и др. Један од најједноставнијих начина да се укључи експеримент у настави, је примена демонстрације. Демонстрација је релативно једноставна за организацију и изведбу. То значи да неискуство ученика нема утицаја. Нажалост, демонстрације врло ретко побуђују ученике на размишљање и дискусију. То значи да демонстрацију треба надградити, осмислити нови приступ и прилагодити је нашим потребама. Демонстрација се може проширити, извести у више различитих варијанти, у различитим условима, што је чини ближом демонстрационом експерименту. Али, то је нови квалитет и предност који демонстрација добија [2].

ВОДЕНА РАКЕТА

Трећи Њутнов закон

Вероватно најпознатији закон у физици је Трећи Њутнов закон - закон акције и реакције. Кад питате ученике како гласи тај закон, најчешћи одговор је:

- "За сваку акцију постоји одговарајућа реакција. "

Мало прецизнији одговор би био:

- "За сваку силу акције постоји и сила реакције. "

Наставник: "Да ли можеш да даш мало прецизније објашњење?"

Ученик: "Па реакција је у супротном смеру. "

Наставник: "Сила је мера узајамног деловања, а то значи да два тела узајамно делују једно на друго. Можеш ли да објасниш закон помоћу тих речи?"

Ово тражење ствара додатну конфузију код ученика. Ученици мисле да им је најлакше да употребе конкретан пример да би дали боље објашњење и у овом случају користе најпознатији пример, пример ракете. Следи стандардно објашњење:

Ученик: "Издувни гасови излазе у једном смеру, а ракета се креће у супротном смеру."

Наставник: "Добро. Ако је реч о узајамном деловању, онда која су тела која учествују у овом случају и како делују једно на друго?

У овом моменту ученик се најчешће потпуно блокира и не може дати објашњење.

а) б) в)

СЛИКА 1. а) Гумени чеп са једносмерним вентилом за аутомобилску или бициклистичку гуму. б) Пластична боца са гуменим чепом и вентилом. в) Балон са сламком.

Постоји велики број огледа које демонстрирају овај закон [3, 4, 5]. Један пример атрактивне демонстрације је такозвана "водена ракета". Користи се пластична боца од 0,5 l, која је затворена гуменим чепом, а у средини чепа је набијен једносмерни вентил за аутомобилску или бициклистичку гуму (сл. 1.а). На вентил се прикачује и пумпа за гуме, а флаша се поставља под углом у односу на хоризонталну раван (сл.1.б). У току пумпања, на одређеном притиску у флаши, она се одваја од гуменог чепа, при чему се лансира. Анализа и дискусија са ученицима може довести до познате мисконцепције, да "боца делује силом

на чеп, а чеп делује силом реакције на боцу и да се боца може на тај начин "одгурати" од чепа и полетети". Ученици не могу видети да ваздух излази из боце у току лета. Као одговор на ову мисконцепцију, следи друга позната демонстрација, летећи балон. Да би га лакше контролисали, балон се лепи на сламку за сок, кроз коју је провучен конац (сл.1.в). Може се видети и чути да ваздух излази из балона у току његовог кретања. Следе питања за размишљање и дискусију:

- Зашто ваздух излази из балона?
- Ко или шта утиче на излазак ваздуха из балона?
- Шта се дешава са балоном кад је напумпан? Шта се дешава са материјалом од ког је балон направљен? Дали то стање има утицај на кретање балона? Какав је утицај?
- Зашто се балон "смањује" у току пражњења? Шта то значи за материјал од кога је израђен балон?
- Ко или шта гура балон напред? Како се то може објаснити?

Јасно, овај списак питања није коначан. У зависности од ситуације, наставник треба да преформулише питања, да постави нова питања и да на тај начин доведе ученике до одговора.

Импулс

Демонстрација "водене ракете" не завршава овде. Она може имати наставак. Шта би било ако у боцу ставимо воду? Предвиђања ученика иду у правцу да "ако се повећа маса, онда ће бити теже да се помери ракета и она ће се кретати мањом брзином, постићи ће мању висину и имати мањи домет". Једини начин да се провери та тврдња је да се изведе демонстрација. У боцу се сипа око 50 ml воде и понавља се демонстрација. У овом случају домет је већи од оног у претходном случају. То је резултат који ученици нису очекивали. Ово је ситуација коју Пијаже назива "когнитивни конфликт", кад информација показује нешто супротно од оног које ученик "зна". То је ситуација која иницира размишљање. Тражећи одговор, ученици приступају асимилацији знања, односно прилагођавају информације својој потреби, при чему погрешно тумаче законе. Једно од могућих објашњења је да што је маса боце већа, већа је и сила, пошто је сила правопропорционална маси: $F = ma$, што, разуме се, није тачно. Овај закључак добија на интензитету ако се експеримент понови са 100 mL и 150 mL воде. Ипак, након одређене количине воде, тачније речено, за одређену масу воде домет боце почиње да опада.

У овом случају потребно је да се уведе импулс и закон очувања импулса да би се објаснила појава.

Ова демонстрација може прећи у истраживачки експеримент на тај начин што ће ученици добити задатак да испитају зависност домета водене ракете од масе воде која се сипа у њу. Како расте количина воде у боци, односно њена маса, тако се повећава и домет ракете. За одређену масу воде водена ракета има максималан домет. За веће масе од те критичне масе, домет ракете опада. Ученици треба да објасне зашто је то тако? Шта се дешава са водом у току лета ракете? Шта се дешава са укупном масом ракете, маса ракете плус маса воде, у току лета? Да ли она утиче на брзину ракете? Како утиче на брзину ракете? То су нека од питања које би наставник требао поставити да би навео ученике на одговор.

КОНОБАРСКИ ТРИК

Постоје пуно демонстрација које демонстрирају инерцију тела. Али, вероватно најатрактивнија демонстрација је конобарски трик, повући столњак са постављеног стола. То је демонстрација коју наставници посебно избегавају, зато што су забринути да је вероватноћа за неуспех превелика.

Рецепт за успех претпоставља неколико момената:

1. Столњак не сме имати порубљену ивицу. Ако је ивица порубљена постоји опасност да руб повуче посуђе и да демонстрација не успе.
2. Посуде које се користе требало би да имају глатку доњу површину и добро би било да су доње ивице, ивице које су у контакту са столњаком мало заобљене. Ако нису довољно глатке, сила трења може бити довољно велика да повуче посуде са столњаком и да посуде падну са стола. Оштре ивице коју су у додиру са столњаком могу да направе наборе на столњаку које ће повући посуде на под.
3. Посуде требају бити пуне, односно да имају неку течност. На тај начин се повећава маса, а тиме и инерција посуђа и извођење експеримента је лакше. Обично, наставници се боје да било шта ставе у посуде, јер се боје да се течност не проспе у току извођења демонстрације.
4. Столњак се не сме повлачити према горе. То је најчешћа грешка. Столњак треба повући преко ивице стола према доле. На тај начин сигурно неће постојати компонента силе према горе, која ће подићи посуђе и преврнути га.

Истраживање које се може овде направити укључује управо четири момента која су описана претходно, шта треба урадити да би експеримент био успешан и зашто. Као увод у овај експеримент и ово истраживање, могу послужити друге демонстрације, које су на први поглед неатрактивне, али ако се одабере прави начин представљања, може се повећати драматика чиме би исчекивање резултата демонстрације било узбудљивије [6, 7].

БЕРНУЛИЈЕВА ЈЕДНАЧИНА

Позната и популарна демонстрација је лебдење пинг-понг лоптице у ваздушном млазу. То је интересантна демонстрација, која не први поглед не нуди могућност за истраживање. Ипак, ова демонстрација може постати атрактиван истраживачки експеримент. Истраживање се може поделити у два дела:

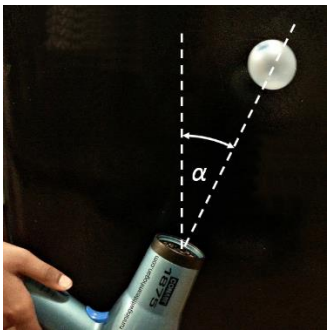
- открити зависност висине на којој лопта лебди од њеног радијуса и од њене масе и
- открити зависност максималног угла под којим лопта може остати у ваздушном млазу од радијуса лопте и масе лопте (сл.2).

Да би обезбедили константну масу, а различите радијусе, може се употребити балон на надувавање. У зависности од тога колико је балон надуван, мења се његов радијус, док је његова маса, због мале масе удуваног гаса, практично константна.

За откривање зависности од масе, сем балона на надувавање, могу се употребити и лопте које имају исти радијус, а израђене су од различитог материјала: гума, стиропор, пластика...

За други део истраживања, мерење максималног угла под којим лопта може остати у ваздушном млазу, прво треба одредити вертикални правац, односно правац у коме делује сила Земљине гравитације. То се може лако одредитии помоћу обешеног ужета или штапа. Треба постепено и контролисано повећавати угао између вертикалног правца и осе

ваздушног млаза, до момента кад лопта испада из ваздушног млаза. Овај угао се може лако измерити ако се ситуација фотографише. Помоћу неког инструмента за мерења углова, са слике се може лако измерити угао. При томе треба имати на уму да се не сме мењати угао снимања.



СЛИКА 2. Демонстрација лебдења пинг-понг лоптице у вертикалном ваздушном млазу. α је угао између правца у ком делује гравитациона сила Земље и осе ваздушног млаза.

ЛИТЕРАТУРА

3. J. Trna, P. Novak, Motivational effectivness of experiment in physics education. In W. Kaminski, M. Michelini. GIREP_ICPE_MPTL 2010. Teaching and Learning Physics Today: Challenges? Benefits?, University of Udine, Udine, 2014.
4. J. Lavonen, J. Jauhiainen, I.T. Koponen, K. Kurki-Suonio, Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education, *International Journal of Science Education*, **26**, 3, 309-328 (2004)
5. T. Bryce, K. MacMillan, Encouraging conceptual change: the use of bridging analogies in the teaching of action–reaction forces and the 'at rest' condition in physics, *International Journal of Science Education*, **27**, 6, 737-763 (2005).
6. T. I. Smith, M. C. Wittmann, Comparing three methods for teaching Newton's third law, Physical Review Special Topics - Physics Education Research, **3**, 1 (2007).
7. 4 Groovy Ways to Teach Newton's 3rd Law,
URL: https://www.groovylabinabox.com/4-groovy-ways-to-teach-newtons-3rd-law/
8. Newton's First Law of Motion Experiment
URL: https://study.com/academy/lesson/newtons-first-law-of-motion-experiment.html
9. Newton's First Law Experiment,
URL: https://thehomeschoolscientist.com/newtons-first-law-experiment/

Провера Омовог закона коришћењем прототипске плоче

Кристина Исаковић[1], Христина Делибашић[1], Виолета Петровић[1]

[1]*Природно-математички факултет, Институт за физику, Крагујевац, Србија*

Апстракт. Захтеви савремене наставеусмерени су наподизање нивоа постигнућа ученика што је могуће остварити подизањем квалитета образовања, односно кроз реализацију наставе наначин који захтева већу мисаону, вербалну и практичну активност ученика. Показује се да активно учешће ученика у настави кроз реализацију огледа и експериментадоводи до значајногразвојакако когнитивних способности, тако и степена постигнућа ученика. Активно учешће ученика у настави доводи до стицања и формирања знања која доводе до вишег нивоа разумевања физичких појава и закона. У овом раду је приказана реализација експеримента провере Омовог закона повезивањем струјног кола коришћењем прототипске плоче (енгл. breadboard).

Кључне речи: Омов закон, струја, напон, отпорност, прототипска плоча.

УВОД

Како и на који начин ће ученици разумети и усвојити нове садржаје у многоме зависи од примењене наставне методе и облика рада. У традиционалној настави [1] доминантан је фронтални облик рада што за последицу има незадовољавајући степен интеракције између наставника и ученика. Овакав тип наставе је често вербализован, формализован и недовољно очигледан што смањује могућност повезивања теорије са свакодневним животом и трајност усвојених знања. Позиција ученика у традиционалној настави не делује подстицајно из више разлога: запоставља се самостални рад ученика, пренос информација и знања је једносмеран (од наставника према ученику), улога ученикаје пасивна, настава није прилагођена способностима појединих ученика. У циљу повећања нивоа постигнућа ученика и степена заинтересованости за праћење наставе физике, од наставника се очекује да коришћењем једноставних огледа и експеримената ученицима омогући да физичке појаве, процесе и законе упознају кроз сопствено искуство. Огледи и експерименти у настави физике знатно олакшавају усвајање нових чињеница и појмова, омогућавају ученицима стицање искуства о физичким величинама и проблемима и помоћу њих ученици проверавају стечена теоријска знања. Извођењем експеримената (огледа), ученици могу лако увидети на који начин променом различитих параметара система (на пример температуре, напона, притиска, положаја) може доћи до промене посматране физичке величине. На овај начин би, поред развијања креативних способности, усвојено знање било трајније и примењивије од оног стеченог традиционалном наставом.

Истраживања која су спроведена у последњих неколико година [2,3] на пољу физике указују на нужност унапређивања традиционалног начина одржавања наставе у школама.

У овом раду је дат опис експеримента којим се на веома једноставан начин може доказати Омов закон коришћењем прототипске плоче.

ПОЈМОВИ И КОНЦЕПТИ ОМОВОГ ЗАКОНА У ПРОГРАМУ НАСТАВЕ ФИЗИКЕ

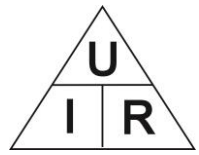
Електричне и магнетне појаве чине око 30% градива у другом и трећем разреду гимназије.Једна од наставних јединица у наставној теми ,,Стална електрична струја" је ,,Омов закон за део струјног кола"која се изучава у оквиру другог разреда гимназије.

Омов закон

Омов закон се користи у различитим областима електронике за описивање повезаности напона, струје и отпора на макроскопском нивоу. Закон је назван по немачком физичару Георгу Симону Ому (1787-1854), који је 1827. године формулисао резултат експерименталних истраживања описујући промену напона и струја кроз проста електрична кола са променом дужине, пречника и материјала проводника. Његови експерименти су показали да струја у неком електричном колу зависи од напона и отпорности материјала, одакле је проистекао Омов закон за део струјног кола: електрична струја у проводнику директно је сразмерна напону на његовим крајевима, а обрнуто сразмерна његовој електричној отпорности [4]. У анализи електричних кола, користе се три еквивалентна израза Омовог закона:

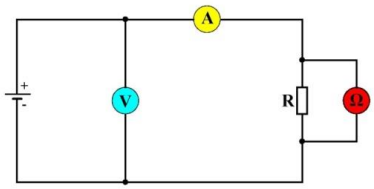
$$I = \frac{U}{R};\ U = IR;\ R = \frac{U}{I} \tag{1}$$

где је I - јачина електричне струје која протиче кроз проводник у амперима (A), U - напон (разлика потенцијала) између крајева проводника у волтима (V), R - електрична отпорност проводника у омима (Ω). Еквивалентност ових једначина може се шематски представити троуглом (слика 1).



СЛИКА 1. Сва три облика Омовог закона су шематски представљена троуглом. Линија која дели леву и десну страну троугла представља операцију множења, а линија која се налази између горњег и доњих поља представља операцију дељења.

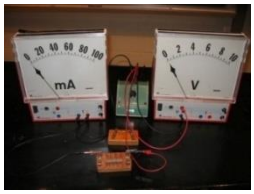
Све наведене величине (напон, струју и отпорност) је могуће измерити независно инструментима. За мерење јачине струје која протиче кроз проводник користи се амперметар, за мерење напона на отпорнику користи волтметар, док се за мерење отпорности отпорника користи омметар. Амперметар се у електричном колу увек везује серијски (редно), волтметар паралелно отпорнику, а омметар се везује паралелно отпорнику чија се отпорност мери (слика 2).



СЛИКА 2. Волтметар V и омметар Ω се везују паралелно са отпорником R, док се амперметар A везује серијски са отпорником R.

Наставна средства за проверу Омовог закона -некад и сад

Традиционална наставна средства која се користе за проверу ,,Омовог закона" у великом броју основних и средњих школа су аналогна. Због лошег материјалног стања у школама, не ретка је ситуација да су инструменти неисправни, контакти лоши и да је јачину струје и напон тешко измерити, а дешава се и да су поједини делови комплета временом изгубљени. Једно такво наставно средство за демонстрацију ,,Омовог закона" приказано је на слици 3.



СЛИКА 3. Стари наставни комплет за демонстрацију Омовог закона [5].

Сви ови наведени недостаци могу да допринесу смањењу степена интерактивности наставног процеса, што у времену када је кључно да физику ђацима приближимо на начин да је они разумеју као интересантну науку која описује свет око нас, може да представља проблем. Један од начина да се оваква ситуација превазиђе је употреба савременијих наставних средстава која могу да пруже већи степен интерактивности и повезаности ученика са градивом физике, што може да доведе до повећања трансфера знања ка ученицима. Такође, на овај начин се повећава степен ученичке мотивисаности за рад, побољшавају резултати, док је реализација нових наставних јединица знатно једноставнија. Предност модернизације већ постојећих огледа и експеримената у настави физике је то што су лако изводљиви, занимљиви, и по својој конструкцији блискији ученицима. На слици 4 је приказан наставни комплет за демонстрацију ,,Омовог закона" коришћењем прототипске плоче и дигитаних мерних инструмената.

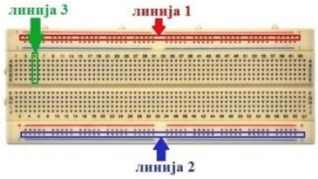
СЛИКА 4. Савремен наставни комплет за демонстрацију ,,Омовог закона" [6].

У наставку ће бити приказана реализација Омовог закона коришћењем прототипске плоче.

Поставка огледа и поступак рада

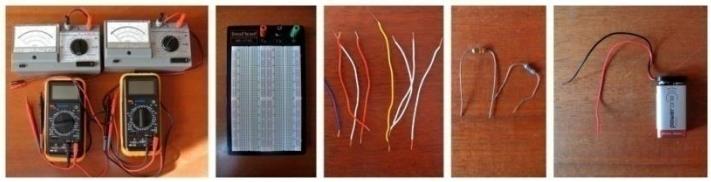
За извођење експеримента потребни су:

1. Дигитални мултиметар – када се мултиметар користи за мерење напона U онда се користи као волтметар, када се користи за мерење јачине струје I онда секористи као амперметар, а када се користи за мерење отпорности R онда се користи као омметар. Неки дигитални мултиметри се могу користити и за мерење капацитивности кондензатора.
2. Прототипска плоча–служи за тестирање електронских кола. Састоји се од плоче од изолационог материјала (пластике) у којој се налазе отвори испод којих се налазе металне везе које прихватају крајеве електронских компонената, међусобно повезују неке од отвора и на тај начин омогућавају провођење струје. Неке од тих веза су приказане на слици 5. Такође, све преостале групе тачака од по 5 су повезане унутар прототипске плоче. Свака тачка на прототипској плочи има своју координату која се добија у пресеку хоризонталног и вертикалног реда.



СЛИКА 5. Хоризонталне линије 1 и 2 обично служе као прикључак напајања (линија 1 – позитиван пол извора напајања, линија 2 – негативан пол извора напајања), тако да ако се у било коју од ових тачака доведе напон од $9\,\mathrm{V}$, он ће бити присутан у било којој од преосталих тачака на приказаној хоризонтали. Попречне тачке које се налазе између линија 1 и 2 деле се у две групе, тако да је сваких 5 тачака у попречном низу међусобно спојено (линија 3) [7].

3. Жице за прототипску плочу,
4. Отпорници отпорности $1\,\mathrm{k\Omega}$ и $5{,}3\,\mathrm{k\Omega}$[1],
5. Батерија од $9\,\mathrm{V}$.



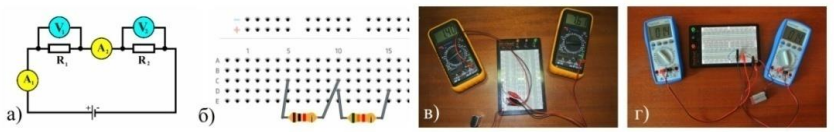
СЛИКА 6. Поставка експеримента којом се доказује Омов закон, изведена на Институту за физику Природно - математичког факултета у Крагујевцу.

На слици 6 су приказане појединачне компоненте за реализацију експеримента ,,Провера Омовог закона коришћењем прототипске плоче”у лабораторијским условима.

[1] $1\,\mathrm{k\Omega} = 1000\,\Omega$

Електрично коло може садржати различит број отпорника који се могу повезати на више начина. Основни начини повезивања су серијско и паралелно повезивање. У циљу детаљнијег објашњења експеримента, поступак рада је описан у неколико корака:

1. Серијска (редна) веза отпорника–електрична шема, приказана на слици 7(а) састоји се из серијске везе отпорника R_1 и R_2, који се прикључују на напон од $9\ \mathrm{V}$. Отпорник R_1 отпорности $1\,\mathrm{k\Omega}$ заузима хоризонталан положај и утиснут је у тачке C5 и C10 на прототипској плочи, док је отпорник R_2 отпорности $5{,}3\,\mathrm{k\Omega}$ утиснут у тачке D10 и D15 на прототипској плочи (слика 7(б)).



СЛИКА 7. (а) редно везани мултиметри A_1 и A_2 мере јачине струје које протичу кроз отпорнике R_1 и R_2 респективно, док паралелно везани мултиметри V_1 и V_2 мере падове напона на отпорницима R_1 и R_2 респективно, (б) повезивање серијске везе отпорника R_1 и R_2 на прототипској плочи, (в) паралелно везаним мултиметрима V_1 и V_2 се мери различит пад напона V на серијски везаним отпорницима, (г) редно везаним мултметрима A_1 и A_2 се мери иста јачина струје I кроз серијску везу отпорника.

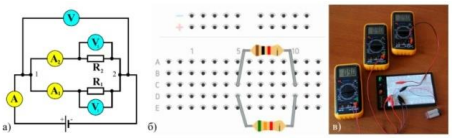
Серијску везу отпорника приказаних на слици 7(а) чине два отпорника код којих је крај првог отпорника везан за почетак другог. Напон на крајевима сваког отпорника се очитава на дигиталном мултимеру. Мултиметар означен са V_1 на слици 7(в) показује напон од $1{,}40\,\mathrm{V}$ на отпорнику R_1, док мултиметар означен са V_2 показује напон од $7{,}61\,\mathrm{V}$ на отпорнику R_2. Збир напона на отпорницима R_1 и R_2 једнак је укупном напону батерије од $9\ \mathrm{V}$. На основу Омовог закона за део струјног кола (једначина (1)) следи да је јачина струје сразмерна електричном напону између крајева проводника. Познајући вредности отпорности отпорника R_1 и пада напона на њему, јачина струје се може израчунати као $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{1{,}40\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{k\Omega}} = 0{,}0014\,\mathrm{A}$. Понављањем истог поступка, добија се да је јачина струје која протиче кроз отпорник R_2 једнака $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{7{,}61\,\mathrm{V}}{5{,}3\,\mathrm{k\Omega}} = 0{,}0014\,\mathrm{A}$. Рачуном је показано да, када су два отпорника серијски везана у електричном колу, кроз оба отпорника протиче иста јачина струје $I_1 = I_2 = I = 1{,}4\,\mathrm{mA}$ [2]. У циљу провере Омовог закона за део струјног кола, серијски са отпорником R_1 се везује мултиметар A_1, док се серијски са отпорником R_2 везујемултиметар означен са A_2 на слици 7(а). Показано је да, када овако спојени отпорници чине део затвореног електричног кола, мултиметар показује исту јачину струје кроз оба отпорника, слика 7(г).

Након реализације експеримента, ученик може закључити да кроз серијски везане отпорнике протиче иста јачина струје, док је напон на појединачним отпорницима различит. Једноставно се може се показати да се група отпорника у серијској вези може

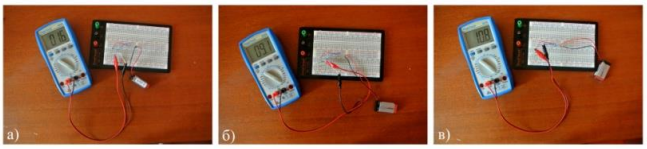
[2] $1\,\mathrm{mA} = 0.001\,\mathrm{A}$

заменити једним отпорником еквивалентне отпорности, R_e, која је једнака збиру појединих отпорности у вези $R_e = R_1 + R_2$.

2. Паралелна веза отпорника–електрична шема, приказана на слици 8(а) састоји се из паралелне везе отпорника R_1 и R_2, који се прикључују на напон од $9\,\mathrm{V}$. Отпорник R_1 отпорности $1\,\mathrm{k\Omega}$ заузима хоризонталан положај и утиснут је у тачке C5 и C10 на прототипској плочи. Паралелно отпорнику R_1 везује се отпорник R_2 отпорности $5{,}3\,\mathrm{k\Omega}$. Отпорник R_2 је утиснут у тачке D5 и D10 на прототипској плочи (слика 8(б)).



СЛИКА 8. (а) Електрична шема паралелно везаних отпорника. Редно везани мултиметри A, A_1 и A_2 мере јачине струје које протичу кроз паралелну везу отпорника, отпорник R_1 и отпорник R_2 респективно, док паралелно везани мултиметри V, V_1 и V_2 мере падове напона на паралелној вези отпорника, отпорнику R_1 и отпорнику R_2 респективно, (б) повезивање паралелне везе отпорника R_1 и R_2 на прототипској плочи, (в) паралелно везаним мултиметрима V, V_1 и V_2 се мери исти пад напона на паралелно везаним отпорницима, отпорнику R_1 и отпорнику R_2.



СЛИКА 9. (а) На мултиметру A_1 се очитава јачина струје која протиче кроз отпорник R_1, (б) на мултиметру A_2 се очитава јачина струје кроз отпорник R_2, (в) јачина струје измерена мултиметром A.

Напон на крајевима сваког отпорника, као и напон паралелне везе отпорника очитава се на дигиталном мултимеру. Мултиметри V, V_1 и V_2 на слици 8(в) показују напон од $9\,\mathrm{V}$. Очигледно је да је на сваком од паралелно везаних отпорника исти пад напона који је једнак прикљученом напону батерије од $9\,\mathrm{V}$, односно $U = U_1 = U_2$. Пошто су крајеви оба отпорника на истом напону, струје у појединачним отпорницима R_1 и R_2 на основу Омовог закона (једначина (1)) су једнаке: $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{9\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{k\Omega}} = 9\,\mathrm{mA}$, $I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{9\,\mathrm{V}}{5.3\,\mathrm{k\Omega}} = 1{,}6\,\mathrm{mA}$. Струја која прође кроз чвор[3] означен бројем 1 на слици 8(а) у електричном колу се дели на све струје: један део пролази кроз отпорник R_1, други део кроз отпорник R_2 (у чвору 2 се ове две струје поново спајају и извиру из чвора 2). То значи да ће јачина струје I која утиче у чвор 1 бити једнака суми струја које пролазе кроз поједине отпорнике: $I = I_1 + I_2 = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = 10{,}6\,\mathrm{mA}$. У циљу провере Омовог закона за део струјног кола,

[3]Чвор електричног кола је тачка у којој се спајају три или више грана (грана електричног кола је скуп редно везаних елемената, између два чвора, кроз које протиче иста струја).

серијски са отпорником R_1 се везује мултиметар A_1, док се серијски са отпорником R_2 везује мултиметар означен са A_2 на слици 8(а). Између батерије и чвора 1, прави се прекид кола и серијски везује мултиметар означен са A на слици 8 (а). Показано је да, када паралелно спојени отпорници чине део затвореног електричногкола, мултиметар показује различите јачине струје (слика 9).

Након реализације експеримента, ученик може закључити да кроз паралелно везане отпорнике протиче различита јачина струје, док је напон на појединачним отпорницима исти. Може се показати да се група отпорника у паралелнов вези може заменити једним отпорником еквивалентне отпорности R_e,чија је реципрочна вредност једнака збиру реципрочних вредности отпорности појединачних отпорника: $\frac{1}{R_e}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.

Исходи реализације експеримента на овај начин су следећи: ученик је научен да сам споји серијску и паралелну везу отпорника, ученик уме да користи аналогни и (или) дигитални мултиметар и измери падове напона и јачину струје на појединим елементима кола, након завршеног мерења ученик може да закључи да је јачина струје у отпорнику сразмерна напону, применом Омовог закона ученик уме да израчуна параметре електричног кола (струја – напон – отпорност) и анализира њихову зависност.

ЗАКЉУЧАК

Реформа образовног система Републике Србије је усмерена на исходе. Ово доводи до тога да ће примаран задатак наставе физике у средњој школи бити усмеренка ученичким вештинама, односно истраживању физичких појава уз увођење обавезних ученичких експеримената. На овај начин, ученици ће бити оспособљени да примене теоријски стечена знања у решавању конкретних задатака и проблема. Решавајући проблеме ученици увежбавају како да поставе своје знање у нови контекст и откривају нова знања. Циљ овог рада је био да покаже да коришћење једноставне и савремене поставке за реализацију експеримента ,,Провера Омовог закона коришћењем прототипске плоче" у настави, доприноси бољем разумевању наставног садржаја и доприноси самосталности ученика. Садржаји који се ученицима презентују кроз експерименте и огледе, лакше се памте и на тај начин усвојена знања постају функционалнија и трајнија.

Поставка огледа ће бити приказана на 6. Међународној конференцији о настави физике у средњим школама, у Алексинцу 2018. године.

ЛИТЕРАТУРА

1. Љ. Нешић, Поглавља методике наставе физике, *Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет,* Ниш, 2015.
2. C. Stern, C. Echeverría, D. Porta, Teaching Physics through Experimental Projects, *Procedia IUTAM*, 20, 189-94, 2017.
3. P. Klein, M. Hirth, S. Gröber, J. Kuhn and A Müller, Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics, *Physics Education,* 49(4), 412, 2014.
4. Д.Поповић, М. Богдановић и А. Кандић, Уџбеник са збирком задатака и лабораторијским вежбама за осми разред основне школе,*Логос*, Београд, 2010.
5. http://www.physics.wm.edu/~tdaver/demo_web/elec.html (преузето: 15.01.2017).
6. http://www3.uji.es/~lmartine/pie/exp1.html(преузето: 20.01.2017).
7. https://potentiallabs.com/cart/buy-breadboard-850-points-online-hyderabad(преузето:24.01.2017).

Radioaktivni izotopi kao sastavni deo radiofarmaceutika

Tatjana Jovanović, Marko Stojanović

Medicinski fakultet, Niš, Srbija

Apstrakt. Radiofarmacija je interdisciplinarna klinička grana medicine koja se bavi primenom radiofarmaceutika u dijagnostici, terapiji i kliničkim istraživanjima. Radiofarmaceutici su radioaktivna jedinjenja namenjena humanoj primeni, koji se upotrebljavaju za lečenje kao i za različita funkcionalna i morfološka ispitivanja. Za ispitivanje funkcija određenih organskih sistema koriste se različiti radiofarmaceutici i obeleživači, a u zavisnosti od specifične funkcije koja se želi ispitati, to mogu biti radioaktivni gasovi, pravi rastvori, koloidi i suspenzije, kapsule i sl. Svi radionuklidi koji imaju primenu u nuklearnoj medicini veštački se proizvode. Proizvodnja se bazira na različitim principima: nuklearna fisija (^{32}P, ^{14}C, ^{3}H), ciklotron (^{11}C, ^{13}N, ^{15}O, ^{18}F), radionuklidni generator (^{3}H, ^{14}C, ^{24}Na, ^{32}P, ^{35}S, ^{51}Cr,^{99}M$_{O}$,^{125}I, ^{131}I). Idealni radiofarmaceutik treba da ispunjava sledeće osobine: period poluraspada približno jednak trajanju dijagsnostičke procedure, emisija isključivo gama-zračenja (bez naelektrisanih čestica) energije između 50 keV i 300 keV, hemijske osobine izotopa takve da se lako ugrađuje u farmaceutik, a da pri tome ne menja karakteristike farmaceutika, laka dostupnost i jednostavna priprema i lokalizacija u telu isključivo u regiji od interesa.

Ključne reči: radiofarmacija, radionuklidi, radiofarmaceutici, nuklearna medicina.

UVOD

Jezgro atoma bez obzira na njegovu stabilnost naziva se nuklid, a jezgra radioaktivnih elemenata nazivaju se radionuklidi. Za jezgro u osnovnom stanju koristi se isti simbol kao i za atom, redni broj (Z) se postavlja ispred i niže a maseni broj (A) ispred i više u odnosu na simbol atoma ($^{A}_{Z}X$). Kod metastabilnih stanja[1] dodaje se oznaka „m" pored masenog broja ($^{Am}_{Z}X$).

Privlačna sila u jezgru atoma, koja drži nukleone (protone i neutrone) na okupu, naziva se slaba nuklearna sila. To je sila kratkog dometa (reda dimenzije atomskog jezgra, $10^{-14}\,m$) i po osobinama se dosta razlikuje od elekrične i gravitacione sile. Zahvaljujući postojanju nuklearne sile, koja se protivi odbojnoj Kulonovoj sili između protona, jezgro egzistira kao stabilan sistem.

Eksperimentalno je utvrđeno da je masa jezgra m_j uvek manja od ukupne mase nukleona[2]. Ta razlika se naziva defekt mase jezgra i izražena je relacijom

$$\Delta M_j = \left[Zm_p + (A-Z)m_n\right] - m_j, \tag{1}$$

gde su m_p i m_n mase protona i neutron resprekivno. Energetski ekvivalent defekta mase je energija veze, i iznosi

$$E_V = \Delta M_j c^2. \tag{2}$$

Ovo je vrednost energije koju je potrebno predati jezgru da bi se ono rastavilo (raspalo) na sastavne delove. Vrednost količnika energije veze i broja nukleona, E_V/A, određuje energiju veze po nukleonu. Tako definisana veličina koristi se kao parametar za ocenu stabilnosti jezgra.

[1]Metastabilna stanja su dugoživeća ekscitovana stanja.

[2]Nukleoni su čestice iz kojih je sačinjeno jezgro, protoni i neutroni.

Energija veze po nukleonu različita je za različita jezgra. Za jezgra sa masenim brojem od 50 do 80 energija veze po nukleonu iznosi oko 8,7 MeV, a kod jezgara sa većim masenim brojem opada. Za najveći broj stabilnih izotopa[3] energija veze po nukleonu iznosi oko 8 MeV. Stabilna jezgra su ona jezgra kod kojih nije detektovan spontani raspad, kod kojih broj protona i neutrona tokom vremena ostaje isti. Sva jezgra sa masenim brojem većim od 208 spontano se raspadaju. Na stabilnost jezgra utiče i parnost broja protona i neutrona. [1,2]

Radioaktivni raspad

Transformacija nestabilnih jezgara pri kojoj se javlja spontana emisija gama zračenja i elementarnih čestica naziva se radioakivnost. Jezgro emisijom zračenja prelazi u stabilno stanja niže energije ili se transformiše u drugo jezgro. Stabilna jezgra se takođe mogu raspasti ali samo usled interakcije sa drugim jezgrima ili sa elementranim česticama. Procesi te vrste nazivaju se nuklearnim reakcijama, a produkti reakcija predstavljaju veštačke radioaktivne elemente. Oni se ne mogu sresti u prirodi.

Stabilnost jezgra se može ostvariti direktim raspadom nestabilnog jezgra u stabilno ili preko niza sukcesivnih raspada radioaktivnih elemenata. U drugom slučaju reč je o radioaktivnom nizu.

Osnovne vrste spontanih procesa su:

- Alfa raspad, svojstven je prirodnim radionuklidima. Raspadom se formira stabilan nuklid Y, prema sledećoj šemi

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}H_e. \tag{3} $$

- Beta raspad, praćenje emisijom pozitivno ili negativno naelektrisanih čestica (pozitrona[4] e^+ ili elektrona e^-). Pri beta raspadu mogući su sledeći procesi:

β^+ raspad

$$ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e^- + {}^{0}_{0}\bar{\nu} \tag{4} $$

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu} \tag{5} $$

β^- raspad

$$ {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e^+ + {}^{0}_{0}\nu \tag{6} $$

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^+ + \nu \tag{7} $$

- Gama raspad. Gama zračenje nastaje kao prateće zračenje uz alfa i beta raspad, u slučaju kada nuklid nakon svoje transformacije nije dospeo u stabilno već u pobuđeno stanje. Prelaz iz pobuđenog $({}^{A}_{Z}Y^*)$ u osnovno stanje $({}^{A}_{Z}Y)$ vrši se emisijom elektromagnetnog zračenja (fotona γ). Redni i maseni broj nuklida ostaje nepromenjen.

$$ {}^{A}_{Z}Y^* \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma \tag{8} $$

Navedeni raspadi su u skladu sa zakonom održanja energije i naelektrisanja.

Zakon radioaktivnog raspada

Od interesa je odrediti kako se menja broj raspadnutih jezgara sa vremenom. Kako je radioaktivni raspad proces statističke prirode ne može se pouzdano odrediti kada će se pojedinačno jezgro raspasti. Može se govoriti o broju atoma koji će se raspasti u određenom vremenskom intervalu.

Veličina kojom se karakeriše radioaktivni raspad naziva se radioaktivna konstanta λ. Njena vrednost je ista za sve atome izotopa i ne zavisi od vremena. Ona se definiše kao verovatnoća

[3] Izotopi su nuklidi koji imaju iste atomske a različite masene brojeve (razlikuju se po broju neutrona).

[4] Pozitron je antičestica koja se po svojim karakteristikama od elektrona razlikuje jedino po znaku naelektrisanja.

raspada jezgra jednog atoma u jedinici vremena. Usled raspada broj neraspadnutih jezgara će se tokom vremena smanjavati. Promena broja neraspadnutih jezgara N, uzimajući u obzir definiciju radioaktivne konstante, može se izraziti diferencijalnom jednačinom

$$dN = -N\lambda dt. \tag{9}$$

Njeno rešenje je oblika

$$N = N_o e^{-\lambda t}, \tag{10}$$

gde je N_o broj jezgara na početku radioaktivnog procesa. Dobijena jednakost naziva se zakon radioakivnog raspada.

Aktivnost i vreme poluraspada

Broj raspada dN u jedinici vremena dt predstavlja veličinu koja se naziva aktivnost. Na osnovu jednačine (9) za aktivnost se dobija izraz

$$A = \lambda N. \tag{11}$$

Aktivnost, kao i broj neraspadnutih jezgara, opada eksponencijalno sa vremenom. Jedna od osnovnih karakeristika radionuklida je fizičko vreme (period) poluraspada T, koje je sa radioaktivnom konstantom povezano relacijom

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}. \tag{12}$$

Koristeći ovu vezu zakon radioativnog raspada se može zapisati u obliku

$$N = N_o 2^{-\frac{t}{T}}. \tag{13}$$

Iz ove jednakosti se može doći do zaključka da će se u vremenu jednakom vremenu poluraspada raspasti polovina od početnog broja radioaktivnih atoma.

Ako se razmatra promena broja radionuklida u živom organizmu neophodno je uvesti i biološko vreme poluraspada T_b, kao vreme za koje se iz organizma regularnim procesima eliminiše polovina unetog radioaktivnog preparata nezavisno od njegovog fizičkog vremena poluraspada. Razlog za to jeste postojanje određenih bioloških procesa kod živih bića (metabolizma, ekskrecije, fuzije) kojima se dodatno može smanjiti broj radioaktivnih jezgara unetih u organizam. Efektivno vreme poluraspada je vreme potrebno da se aktivnost radionuklida unetog u biološki sistem smanji na polovinu zbog radioaktivnog raspada i biološke eliminacije.

$$T_{eff} = \frac{TT_b}{T+T_b}. \tag{14}$$

PRIMENA RADIOAKTIVNIH IZOTOPA U MEDICINI

U biološkom pogledu radioaktivni izotopi (radioizotopi) imaju ista hemijska svojsta kao i njihovi stabilni izotopi. Zbog toga se u organizmu ponašaju na isti način. Dodatna osobina je da mogu emitovati jonizujuće zračenje[5] koje se pomoću detektora ili radiohemijskim analizama može detektovati. To pruža mogućnost njihove upotrebe u medicini i biologiji. Radioizotopi se mogu dodati gotovo svakoj organskoj i neorganskoj supstanciji. Njihov unos u organizam može se ostvariti gutanjem, udisanjem, injekcijom ili preko kože. Minimalnim unosom radionuklida ne remete se fiziološki procesi. Primenjuju se u dijagnostici, kao obeleživači (markirani atomi) ili u

[5]Pod jonizujućim zračenjem podrazumeva se zračenje, koje u toku interakcije sa materijom kroz koju prolazi, posredno ili neposredno vrši jonizaciju njenih atoma i molekula.

израчунавању размене материје и упознавању сложених процеса у организму, и терапији, као извори јонизујућег зрачења. Директним мерењем активности може се пратити њихово кретање у организму и на тај начин се могу детектовати патолошки процеси који се не могу открити класичним методама [1]. Емитери алфа зрачења су неупотребљиви у дијагностици због малог домета алфа честица, док у терапијској медицини постоје неке могућности за њихову примену.

У нуклеарној медицини примењују се радионуклиди искључиво добијени вештачким путем (табела 1).

ТАБЕЛА 1. Производња радионуклида.[3]

Процес	Радионуклиди
Нуклерни реактор	
Ланчана фузија ^{235}U Бомбардовање атома термалним неутрониума	Бета емитери: $^{99}M_O$, ^{32}P, ^{14}C, ^{3}H Бета-гама емитери: ^{131}J,$^{51}C_r$, ^{133}Xe
Циклотрон	
Бомбардовање атома позитивно наелектрисаним честицама	Позитронски емитери: ^{15}O, ^{13}N, ^{12}C, ^{18}F Гама емитери: ^{123}J, $^{111}I_n$ Гама-икс емитери: $^{201}T_l$, $^{67}G_a$
Генератор	
Трансформацијом дугоживећих у краткоживеће радионуклиде	Гама емитери : $^{99m}T_c$, $^{111}I_n$ Позитронски емитери: $^{82}R_b$, $^{68}G_a$

Радиоизотопи као обележивачи

Методе које се базиране на употреби радиоизотопа као обележивача могу се сврстати на мерења *in vitro* (на биолошким узорцима): [1]

- Метод изотопског разблаживања
- Радиоимунолошка испитивања

и мерења *in vivo* (на болесницима):

- Снимање расподеле радиоизотопа
- Посебни методи динамичких испитивања.

Метод изотопског разблаживања

Методом изотопског разблаживања могу се одредити различите компоненте у склопу сложених органских једињења у организму, као на пример, укупна запремина крви, крвне плазме и слично. Примера ради, да би се одредила маса гвожђа у крви, најпре је потребно одређену количину крви обележити радоизотопом гвожђа-59 масе m и специфичне активности A_0. Затим се та количина крви убаци у крвоток. Након извесног времена, које је довољно да се радиоизотоп расподели хомогено у укупној количини крви у организму, извлачи се количина крви једнака унетој, која поред познате масе радиоизотопа садржи и непознату масу x стабилног гвожђа. Овако добијени узорак имаће специфичну активност A_1, која ће бити мања од A_0 јер ће узорак садржати мању количину радиоизотопа. Укупна активност унетог узорка (производ унете масе и специфичне активности) мора бити једнака укупној активности „разблажене крви“, односно

$$A_0 m = A_1 (m + x). \tag{15}$$

На основу ове једнакости може се израчунати x, маса гвожђа у крви.

Scintigrafija

Snimanjem raspodele radioaktinog izotopa, scintigrafijom, dobija se vizuelni prikaz raspodele radioizotopa u određenom organu ili u određenoj regiji tela. To se postiže pogodnim izborom radioizotopa koji se selektivno sakuplja u ispitivanom organu (regiji). Za detekciju zračenja koristi se stintilacioni detektor. Radioizotop mora da bude dobar gama emiter ali i da emitovano zračenje ima dovoljnu energiju kako bi se ono detektovalo. Scintigrafski snimak koji sadrži oblasti u kojima nije detektovano prisustvo radioizotopa ukazuje na potencijalne patološke promene u tom delu. Primera radi, scintigrafijom skeleta jednim snimkom se vizualizuje celokupni koštani sistem, što drugim metodama nije moguće. Takođe, ovom metodom se otkrivaju mnoge patološke promene u kostima. Nedostatak ove metode je njena nedovoljna specifičnost, što znači da različiti patološki procesi u skeletu mogu dati sličan scintigrafski nalaz. [3]

Radioizotopi kao izvori jonizujućeg zračenja

Kao izvori jonizujućeg zračenja radioizotopi se primenjuju ili pomoću direktne aplikacije izotopa u telo ili pomoću izvora koji se nalazi u specijalno konstruisanim uređajima: „kobalt-bomba“, rendgen aparat, betatron i linearni akcelerator.

RADIOFARMACEUTICI

Radiofarmaceutici (radiofarmaci) su radioaktivna jedinjenja koja se koriste u dijagnostičke (95%) i terapijske svrhe (5%). Oni mogu biti radioaktivni elementi ili različita organska ili neorganska jedinjenja obeležena posebnim izotopom. Idealan radiofarmaceutik, pored specifičnih osobina koje su uslovljene prirodom fiziološkog procesa, odlikuje se sledećim karakteristikama:

- postupak proizvodnje je jednostavan i jeftin, može se sprovesti u svakoj nuklearnoj medicinskoj laboratoriji;
- radioizotop kojim je jedinjenje obeleženo jeste čist gama emiter, emitovani fotoni su monoenergetski, u opsegu energija koje su iznad granice detekcije;
- efektivno vreme poluraspada radiofarmaceutika je kratko kako bi se smanjila ozračenost pacijenta;
- najveća količina unetog radiofarmaceutika nakuplja se u organu koji se ispituje;
- radifarmaceutik treba da je metabolički inertan, što znači da se on ne metaboliše pre nego sto dođe do ciljnog mesta u organizmu. [4]

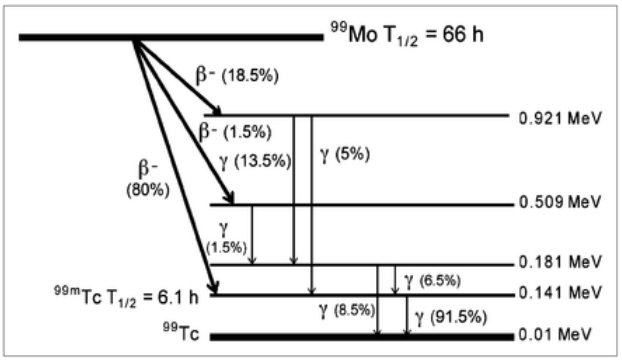
Kvalitet radiofarmaceutika je pod stalnom kontrolom kako bi njihovo korišćenje dalo pouzdane rezultate kliničkih ispitivanja. Ispitivanja koja se primenjuju za kontrolu kvaliteta lekova primenjuju se i za kontrolu radiofarmaceutika. Međutim, izvode se dodatna ispitivanja zbog prisustva radioizotopa. Sva ispitivanja se mogu svrstati u tri velike grupe: fizičko-hemijska (radionuklidna i radiohemijska čistoća, specifična radioaktivnost, pH, veličina čestica), biološka (biodistribucija, toksičnost, pirogenost) i mikrobiološka (sterilnost).

Tehnicijum-99m radiofrmaceutici

Najveći broj radiofarmaceutika koji se koriste u nuklearnoj medicini su jedninjenja koja su

обележена тehnicijumom-99m. To je veštački radioizotop, metastabilno stanje tehnicijuma. Po svojim osobinama on je skoro idealan radiofarmaceutik. Javlja se kao član u radioaktivnom nizu molibdena. Molibden dobijen u nuklearnom reaktoru raspada se formirajući radioaktivni niz

$$^{99}_{42}M_o \rightarrow {}^{99m}_{43}T_c \rightarrow {}^{99}_{43}T_c \rightarrow {}^{99}_{44}R_u.$$



SLIKA 1. Šema raspada$^{99}M_o$. [5]

Najveći broj jezgara molibdena raspada na ovaj način (slika 1).

Tehnicijum-99m pripada grupi radionuklida koji su emiteri čistih gama fotona. Energija od 140keV omogućuje fotonima da u velikom broju napuste organizam i dođu do detektora (gama kamere). Vreme poluraspada od oko 6 sati obezbeđuje izvođenje snimanja pod različitim uslovima.[3]

Radiofarmaceutici na bazi tehnicijuma ne isporučuju se kao radioaktivni proizvodi. Njihovo pripremanje odnosno obeležavanje se izvodi u laboratoriji korisnika koja može biti i vrlo udaljena od mesta proizvodnje generatora. Preparat se priprema kao smeša neaktivnih komponenti. Pregled postupaka obeležavanja i dobijanje radiofarmaceutika za ispitivanje različitih organa i tkiva može se naći u literaturi [4].

Praksa je pokazala da tehnicijum, bez obzira na sve kvalitete, nije pogodan za sve primene. Poslednjih godina sve veću primenu imaju radiofarmaceutici na bazi drugih gama emitera. Karakteristike nekih od njih su date u tabeli 2.

TABELA 2. Karakteristike gama emitera. [6]

Nuklid	^{67}Ga	^{111}In	^{123}I	^{125}I	^{131}I	^{201}Tl
Poluvreme raspada	3,26 dana	2,8 dana	13,2 sati	60,1 dan	8,04 dana	73,4 sati
Maksimalna energija [keV]	185	247	159	27	365	166

VIZUALIZACIONE TEHNIKE U NUKLEARNOJ MEDICINI

U nuklernoj medicini se primenjuje princip emisione tomografije, odnosno registuje se zračenje koje potiče iz organa u kojem je nakon aplikacije akomuliran radiofarmaceutik. Postoje dve vizualizacione („imaging") tehnike. To su pozitronska emsiona tomografija (**P**ositron **E**mission **T**omography) i jednofotonska emisiona tomografija (**S**ingle **P**hoton **E**mission **T**omography).

Pozitronska emsiona tomografija (PET)

PET radiofarmaceutici sadrže radioizotope pri čijem se raspadu emituju pozitroni. Pri prolasku pozitrona kroz tkivo dolazi do njegove anihilacije prilikom sudara sa elektronima. Nastaju dva fotona sa energijom od po 511 keV, koji se emituju pod uglom od 180°.

$$ {}_{1}^{1}p + {}_{-1}^{0}e^{-} \rightarrow {}_{0}^{1}n + \gamma + \gamma \qquad (16) $$

Zbog karatkerističnog ugla emisije fotona relativno je lako rekonstruisati mesto anihilacije. U tu svrhu detektori zračenja se postavljaju prstenasto oko objekta. Tehnika snimanja naziva se pozitronska emisiona tomografija, odakle i potiče naziv za ovu vrstu farmaceutika. Pozitronski emiteri se proizvode u ciklotronu. Najčešće korišćeni pozitronski emiteri u nuklearnoj medicini su: ^{11}C, ^{13}N, ^{15}O i ^{18}F. Njihove karakteristike date su u tabeli 3. PET radiofarmaceutici primenjuju se u neurologiji, kardiologiji i onkologiji.

TABELA 3. Karakteristike pozitronskih emitera. [6]

Nuklid	^{11}C	^{13}N	^{15}O	^{18}F
Poluvreme raspada	20,4 min	9,96 min	1,19 min	110 min
Maksimalna energija [keV]	0,96	2,04	1,72	0,625

Ovi (kratkoživeći) radionuklidi su ciklotronski produkti, pa se PET tehnika može koristiti samo u institucijama sa instaliranim medicinskim ciklotronima ili u laboratorijama u njihovoj blizini.

Jednofotonska emisiona tomografija (SPET)

Jednofotonska emisiona tomografija[6] bazira se na detekciji gama zračenja. Kao detektor zračenja koristi se rotaciona gama kamera. Snimanje se vrši nakon aplikovanja radionuklida koji pri svom raspadu emituje po jedan gama foton iz jezgra. Generatorsko dobijanje radionuklida i moguć transport reaktorskih produkata čine ovu metodu veoma pristupačnu za širu primenu.

ZAKLJUČAK

Savremenim radiofarmaceuticima stvorena je mogućnost molekulskog snimanja i genske terapije. Iako nuklearna medicina raspolaže velikim brojem dobrih radiofarmaceutika i dalje se neprestano preduzimaju intenzivna ispitivanja radi uvođenja novih, koji će svojim karakteristikama obezbediti specifične funkcisko-morfološke informacije ili ostvariti efikasnije terapijsko dejstvo.

LITERATURA

1. J. Simonović, J. Vuković, D. Ristanović, R. Radovanović, D. Popov, Biofizika u medicini, *Medicinska knjiga-Medicinske komunikacije,* Beograd, 1996.
2. N. Vanlić-Razumenić, Radiofarmaceutici, *Velarta*, Beograd, 1998.
3. M. Bogićević, S. Ilić, Nuklearna medicini, *SKC,* Niš, 2007.
4. I. Aničin, I. Draganić, M. Jovanović, S. Jokić, M. Radojčić,Radioaktivnost, sinteza, osobin i primena, *Institut za nuklearne nauke„Vinča”*, Beograd, 1998.
5. The Journal of Nuclear Medicine, http://jnm.snmjournals.org/content/54/2/313/F1.expansion.html (15.01.2018.god.).
6. R. Powsner, E. Powsner, Essential Nuclear Medicine Physics, *Wiley*, Blackwell, 2006.

[6]Sreće se i pod nazivom jednofotonska emisiona kompijuterizovana tomografija (SPECT).

Активности истраживача у области вештачке интелигенције и великих база података и начин подучавања наука у школама – улога професора физике

Стеван Јокић[1], Љиљана Јокић[2]

[1]Пројекат Рука у тесту, Београд, Србија
[2]А.К.М. Едукација, Београд,Србија

Апстракт. Последње промене у курикулумима основних и средњих школа могу бити успешне само уз одговарајуће промене педагошког приступа, одговарајућих ресурса за наставнике и начина процењивања. Поређењем активности истраживача и научника у области вештачке интелигенције и великих база података с начином на који се подучавају природне науке, информатика, а тиме и физика, указују на неопходност веће примене ssистраживачког и интередисциплинарног приступа од стране наставника. Ученицима је потребно указати на разумевање принципа и великих идеја у науци које укључују саме научне идеје и идеје о науци и њеној улози у друштву, као и неопходности конципирања одрживог образовања.

Кључне речи: интердисцилинарност, вештачка интелигенција, одрживо образовање

УВОД

Научно образовање засновано на истраживачком приступу (*Inquiry-Based Science Education* - IBSE) [1-3] подразумева подучавање и учење наука које се заснива на разумевању начина на који ђаци уче, природе научног истраживања, и фокусирања на основне садржаје које би требало научити. Оно је такође засновано на веровању да је важно бити сигуран да ђаци заиста разумеју оно што уче, а не само да уче да би поновили неки садржај или информацију. Истраживачки приступ има дубљи смисао који се огледа у мотивацији која потиче од задовољства да се нешто научи и разуме, што га разликује од површног учење код кога је мотивација базирана на задовољству које се остварује добијањем неке награде. Истраживачки приступ не ставља у први план квантитет непосредно меморисаних информација, него се усредсређује на идеје или концепте који воде до разумевања које постаје све дубље и дубље са узрастом ученика.

Приказ основних корака у остварењу успеха истраживача и научника у области вештачке интелигенције и великих база података [4-6] потврђује неопходност примене истаживачког и интредисциплинарног приступа у подучавању наука у школама.

Ученицима је потребно указати на свакодневну конфирмацију следећих великих идеје о науци [2-3]: наука подразумева да за сваки ефекат постоји један или више узрока; научна објашњења, теорије и модели су они који најбоље фитују познате чињенице у датом тренутку; знање стечено науком је употребљено у неким технологијама чији производи служе људској врсти; научне примене имају врло често етичке, друштвене, економске и политичке импликације.

Реализацијом радионице о технолошким иновацијама и примерима заједничког рада професора физике и информатике, као и изложбе о одрживом развоју, указујемо на могућности укључивања професора физике у реализацију изборних предмета: Образовање за одрживи развој, Примењена наука, Методологија научног истраживања, Савремене технологије.

ИСТРАЖИВАЊА У ОБЛАСТИ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ И ПОДУЧАВАЊЕ НАУКА У ШКОЛИ

Термин „вештачка интелигенција“ се користио као карактеристика алгоритама и машина које су имале способност неке врсте „интелигенције“. Односио се и на домен истраживања која су изучавала алгоритме креиране 50-тих година. Машине с вештачком интелигенцијом су врло различите врсте, како с аспекта њихових механизама, њихове функционалности и циљева који су им наменили њихови креатори.

Примери оваквих алгоритама су компјутери који могу да победе најбоље шахисте или да помогну математичарима при аутоматском доказу неких теорема. Ови алгоритми се ослањају на вешту манипулацију симболима, а циљ њихових креатора је конструкција ефикасних машина способних да нам помогну у свакодневним активностима попут истраживања информација на интернету или решавања логичких проблема. Иако ове машине какрактеришу високе перформансе при решавању неког специфичног задатака, њихови алгоритми функционишу знатно другачије од људског мозга, па нису у могућности да се самостално прилагоде при решавању нових задатака без помоћи инжењера који их репрограмирају.

Друго поље активности се односи на конструкцију алгоритама који моделизују когнитивне процесе и људске неуроне у настојању да дају допринос њиховом бољем разумевању. Неке лабораторије моделизују процесе сазнања и развоја сензорних и моторних способности деце, или обогаћења језика, експериментишући најчешће с роботима. Ови модели дају допринос у формирању теорија рачунања и когнитивних наука. Међутим, механизми развијени на овај начин имају когнитивне и адаптивне способности неупредиво слабије у односу на дете, па тиме и даље остаје потреба за истраживањима која би допринела разумевању основа когниције.

Можемо, на крају, поменути да се последњих година истрживачке активности усмеравају на Велике базе података („Big Data“) уз помоћ којих се даје доприносу развоју нових форми вештачке интелигенције. Истраживачи су, на пример, визуализовали хиљаде слика мачке у неки програм који затим сам конструише „концепт“ мачке. Аутоматско превођење припада овом пољу истраживања, па тако Гуглов алгоритам превођења постепено учи да реализује неки превод. (Овај уводни део је преузет из референце [10]).

Како уче машине а како би требало подучавати у школи

Приказ следа актвности које су реализовали истраживачи и научници у настојању да оспособе машину да учи и самостално доноси одлуке (приказ на основу референце [7]) , поредимо с начином подучавања наука, а тиме и физике, посредством истраживачког и интердсциплинарног приступа за које смо дали бројне ресурсе наставницима у оквиру пројекта Рука у тесту (http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/). У доњем тексту, испод сваке активности за учење машине, дат је начин подучавања у школи у италик фонту.

1. Научници прво морају да одговоре на питање расподеле између оног што је код човека урођено и оног што је стечено? (машина учи на основу оног што јој се презентира).
Свако дете има неке способности које би наставник требало да уочи и развија.
2. Истраживачи су се затим окренули неурону као главној јединици прорачуна који обавља мозга. Ћелија неурона шаље сигнал у форми електричног импулса који се простире до синапсе (зона комуникације с другим неуроном, види реф. [8]) где се ослобађају молекули, познати као неуротрансмитери, које реапсорбују неурони којима су намењени.
Потребно је развијати интердисциплинарни приступ и повезати научне дисциплине.
3. Циљ учења је да се машина оспособи да да добар одговор у вези неког новог непознатог система уопштавањем познатих примера.
Школа и наставник би требало да ученику пруже могућности за самосталан рад.
4. Потребно је предложити алгоритам који се ослања на неколико хипотеза у вези података на основу којих би се могло добити могуће решење неког проблема. Програмер зато мора да интегрише принцип према ком, ако су улазни подаци неке функције слични, онда њихов излаз (резултат) не би требало да буде знатно различит (слика мачке модификоване с неколико пиксела не би смела да се трансформише у пса).
Наставник усмерава ученика током самосталних активности, дискутујући о могућим решењима, омогућује му да учи на грешкама.
5. Ове хипотезе примењене на слике се користе у конволутивним неуронским мрежама. (конволуција је математичка операција са две функције које производе трећу функцију, на пример Лапласов и Фуријеов трансформ).
Поребна је знанто већа сарадња професора математике и наука, али и ангажовање професора универзитета и истраживача у креацији нових ресурса за наставнике.
6. Конфигурација конволутивне мреже је инспирисана мултислојном структуром визуелног кортекса, тј., дела нашег мозга који прима сигнале од очију.
Ученицима би требало да се укаже на важност бионике и когнитивних наука (види референце [9-10]).
7. Мреже, које се користе у учењу с разумевањем („deep learning“ - процес учења машине који се реализује великим бројем вештачких неурона, поједностављена имитација биолошких неурона, који својим интеракцијама омогућују систему да постепено учи полазећи од слике, текста или других података). Резултат учења је заснован на општим математичким принципима. Може да буде представљен репрезентацијом (слика садржи различите елементе), одлуком (ово је Перина слика), трансформацијом (превод текста с једног на други језик). Мреже садрже бројне неуронске слојеве организоване тако да је програм изразито робустан у односу на промене у објекту који је предмет анализе (може да идентификује лик без обзира на угао под којим се посматра или да препозна неки део иако се он налази у покрету).
Само учење с разумевањем и стављање ученика у позицију актера, а не пасивног посматрача, даје допринос одрживом образовању.
8. Истраживачи су се при коришћењу неуронских мрежа суочили с проблемом оптимизације њихових перформанси ефикаснијег учења. (Оптимизација је грана математике која има за циљ налажење најбоље комбинације параметара, у овом случају су у питању виртуелни неурони који би требало да омогуће реализацију постављеног циља).
9. Затим су истраживачи, 2011 године, направили још савршеније мреже са више слојева виртуелних неурона модификујући операције сваког појединог неурона што је било све ближе начину на који биолошки неурони третирају информације. Пронашли су, такође да, убацивањем случајног сигнала (фона) у сигнале који се преносе између неурона (што је случај и код мозга), мреже успешније уче и боље идентификују слику или звук.

10. Два фактора су суштински побољшала технику „deep learning“: повећање моћи компјутера за фактор 10, што је знатно скратило време прорачуна; постојање великих база података што знатно олакшава ефикасност алгоритама учења.
11. Лекција из социлогије науке: неопходно је подржати идеје које мењају *status quo* постојећих технологија и диверзификацију истраживања.

Потребно је омогућити већу слободу наставницима у подучавању наука али то захтева и да им се на располагање стави већи број различитих ресурса.

ВЕЛИКЕ БАЗЕ ПОДАТАКА И НАГОВЕШТАЈ НОВЕ НАУКЕ

Велике базе податак [4] представљају ново актуелно поље истраживања али и примене у свакодневном животу. Професори физике би требало да буду упознати с основним елементима ове области у којој се запошљава и велики број физичара па је она самим тим и у жижи интересовања ученика средњих школа. Осим тога она уноси нове елементе у сам метод научног истраживања па је то неопходно објаснити ученицима.

Термин Велика база података је уведен 1990 године и подразумева технолошке иновације неопходне при анализи великог ансамбла научних података, а све чешће и података из свакодневног живота сакупљених различитим техникама. Под Великом базом података се подразумева производња огромног броја података и развој технологија које омогућују њихов третман с циљем да се из њих изведу корелације или неки закључак. Дефинишу је следеће карактеристике:

-ВЕЛИЧИНА се креће од kilobyte do petabyte (2^{50} bytes), и превазилази могућности људског мозга који би требало да их брзо третира.

-БРЗИНА фреквенца којом се подаци генеришу, третирају и постављају у мрежу. Она је све већа и већа и често захтева коришћење *extreme computing*. Овакав начин обраде података се данас све више користи у *климатологији, астрофизици, физици високих енергија, геномици, ...*

-РАЗНОВРСНОСТ јер подаци могу бити текстуални, визуелни, звучни, научни или из свакодневног живота у структурираној или неструктуираној форми. Неопходно их је аутоматски анализирати посредством *алгоритама* с циљем да се дође до корелација и сазнања (*data mining*), а понекад и њиховог визуелног представљања (*data visualization).*

-КОРЕЛАЦИЈА анализа података која омогућује извођење сигурних и инструктивних корелација (*data analytics).* Међутим, постојање корелација не значи реално постајање везе узрока и последице. Постојање корелације није еквивалентно неком значењу или сазнању. Данас је у центру епистемолошке дебате однос између науке засноване на каузалности и анализе која се заснива само на корелацијама.

-БАЈАС (BIAIS) извесни подаци могу да садрже неке грешке у методу рада или да буду дискриминаторни. Њиховим аутомаским третманом се трансферују ова ограничења па тиме утичу на изведене закључке. Етика Великих база података препоручује избегавање штетних последица коришћењем процедура контроле и верификације података.

-ПРАЋЕЊЕ АКТИВНОСТИ (traceability**):** могућност праћења акција неког система који сазнаје анализирајући податке (*машинско учење*) стављањем на располагање детаљног упутства. Ово је такође битно код одређивања одговорности заснованој на легалним правним ресурсима.

-ОБЈАШЊИВОСТ **(***explicabilite)* машине за учење уводе и користе оцене или концепте карактеристичне само за њих па им људи не морају увек разумети значење. Компромис између перформанси учења и објашњења би требало да буде прихваћен зависно од употребе.

Научни метод и велике базе података

Поставља се питање да ли велике базе података наговештавају нову науку [6]? Велике базе података се формирају аутоматски, затим се ти подаци анализирају алгоритмима који омогућују детекцију регуларности попут понашања потрошача, гужви у саобраћају, дијагнозама у медицини... Отварају фасцинантну перспективу у поновном откривању већ познатих универзалних закона посредством једноставне анализе великог броја података. Помажу у разумевању догађаја који укључују велики број квантификованих променљивих попут метеоролошких или климатских феномена, изборних сондажа јавног мњења, друштвених мрежа.

Међутим, управо овде би професори физике требало да укажу ученицима на могућност неадекватне интерпретације при идентификовању мултикорелација. Јер корелација не мора бити истовремено и релација узрок-последица. Она само даје једноставну назнаку да су две величине зависне једна од друге у смислу да повећање једне доводи до повећања или опадања друге „на исти начин“ (пример болнице и смртности пацијената!)

Из ових регуларности се изводе предиктивна правила која имамо тенденцију да идентификујемо као неку норму или као опште законе (универзалне) иако су оне само кондензација оног што се у њима налази, па је тиме и будућност о којој се говори само екстраполација прошлости.

Дакле, велике базе података, бар за сад, немају предиктивну моћ која је једна од основних карактеристика теорије. Професор физике овде може да помене Ајнштајнову теорију опште релативности и њена предвиђања која су тек касније била експериментално потврђена. Ученицима би, уз помињање великих идеја о науци, требало пружити могућност да кроз примену истраживачког приступа на комплексним проблемима из свакодневног живота упознају и научни метод (хипотеза, модел, закон и експеримент).

РАДИОНИЦА И ИЗЛОЖБА

Радионицом желимо да професрима физике укажемо на могућност интердисциплинарног подучавања [11] на примеру заједничког рада с професорима информатике [10] технологије, билогије и хемије. Применом интердисциплинарног подучавање, без обзира на важеће курикулуме, разматрајући теме попут ових, допринело би се да образовање стечено у средњој школи буде одрживо. Ученици би се на овај начин већ у школи суочили с изазовима који их очекују у будућности.

Професор физике и информатике могу реализовати заједно низ истраживачких тема и тиме допринети поштовању економије ученика уз његово усмеравање на групни рад и интердисциплинарни приступ. Теме радионице ће бити следеће: адитивна и суптрактивна синтеза боја са физичког и информатичког аспекта; приказ бинарног кода и заштита размене информација (шифрирање и дешифрирање); да ли је разумевање неког алгоритма увек савршено (пример најкраће путање трговачког путника експерименталним путем, GPS, Google); експеримент-пројект из одрживог развоја: технолошка иновација добијања воде из росе; итд.

Из образовања за одрживи развој урађено је око 25 постера који су се односили на 4 радионице [12] које су пратиле изложбе реализоване с Француским институтом у Београду [12]. Изложбе је посетило више од 100000 посетилаца широм Србије а велики број ученика и наставника је реализовао експериментално радионице. У њима је на једноставан начин илустрована могућност коришћења искустава и знања ученика из свакодневног живота, и њиховог утицаја на понашање породице, за успешније укључивање и давање доприноса

одрживом развоју и очувању биодиверзитета; о начину на који је човек трансформисао и трансфомише материју и светлост за своје најосновније, свакодневене, потребе; значају образовања као решења за одрживу планету. Експерименти у овим радионицама илуструју на врло једноставан начин могућности обраде тема које су део наше свакодневице а истовремено немају одговарајуће место у школским програмима. Њихова обрада омогућује наставнику да, користећи ефекте формалног (Science, Technology, Engineering, and Mathematics-STEM) и неформалног (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics-STEAM) образовања, ученику дају улогу актера уместо пасивног посматрача.

ЗАКЉУЧАК

Изложбом, радионицом и материјалом који смо, у оквиру пројекта Рука у тесту, ставили на располагање свим професорима природних наука, учитеља, васпитача и свих заинтересованих желимо да укажемо на неопходност интердисциплинарног приступа у реализацији наставе изборних предмета: Образовање за одрживи развој, Примењена наука, Методологија научног истраживања, Савремене технологије. У овим изборним предметима би професори физике требало да искористе ресурсе које смо ставили на располагање.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Worth, M. Duque, E. Saltiel, Designing and implementing *Inquiry-Based Science Units for Primary Education,* Edited and Published by La main à la pâte 1,Paris, June 2009, превод на српски Стеван Јокић, Дизајнирање и инплементација научног проблема у основној школи применом инквајери метода URL: *http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/bdd_image/prilog2.pdf* (10.02.2018)
2. edit.W. Harlen, contributors: D. Bell, R. Devés, H. Dyasi, G. Fernández de la Garza, L. Hayward, P. Léna, R. Millar, M. Reiss, P. Rowell, W. Yu; Principles and Big Ideas of Science Education, ASE, 2010. ("Принципи и велике идеје научног обазовања", Просветни прелгед, 2011, уредио и превео : С.Јокић,URL:http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=1205), http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/bdd_image/principi%20i%20velike%20ideje%20naucnog%20obrazovanja_f.pdf (10.02.2018)
3. edit.W. Harlen, contributors: D. Bell, R. Devés, H. Dyasi, G. Fernández de la Garza, L. Hayward, P. Léna, R. Millar, M. Reiss, P. Rowell, W. Yu; Working with Big Ideas of Science Education, IAP, 2015, *(«*Рад с великим идејама у научном образовању», уредио и превео: Стеван Јокић,2016, URL: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=1205),(10.02.2018) http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/bdd_image/Rad_s_velikim_idejama_naucnog_obrazovanja.pdf
4. *Voyage au coeur du big data*, CLEFS, No 64, juin 2017.
5. Y. Bengio, La revolution de l'apprentisage profonde, Pour la science,hors-serie, Fevrier-Marsh, 2018 , No 98,*p.42-48*)
6. Etienne Klein, Vers une nouvelle science? Pour la science,hors-serie, Fevrier-Marsh, 2018 , No 98,*p.76-81*)
7. Д. Вилгенбас, Б. Салвиа, М. Жулија, Зрнца наука 5, стр.97-118, Завод за уџбенике, 2008. (коуредник и преводилац С. Јокић)
8. М. Жаму, Е. Салтјел, Зрнца наука 7, стр.85-110, Завод за уџбенике, 2011. (коуредник и преводилац С. Јокић)
9. **E. Pasquinelli, G. Zimmermann, A. Bernard-Delorme, B. Descamps-Latscha,** Les écrans, *le cerveau et... l'enfant,* Edited and Published by La main à la pâte 1,Paris, June 2013 *URL:* https://www.fondation-lamap.org/fr/cerveau (*„Екрани, мозак и дете",* уредио и превео С.Јокић *URL:* http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=10607#projet14 (10.02.2018)

http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/materijal/casovi.pdf) (10.02.2018)

10. D. Wilgenbus, M.Hirtzig, C.Calmet, on-line Le gide pedagogique “1,2,3…codez!”, Edited and Published by Fondation La main à la pâte 1, Paris, 2016. URL:https://www.fondation-lamap.org/fr/page/34459/module-pedagogique-1-2-3-codez(10.02.2018), on-line Педагошки приручник за информатику, Рука у тесту, **Београд,** 2018, (уредио и превео Стеван Јокић) URL: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=1208 (01.02.2018)
11. С. Јокић, Љ. Јокић, Практично интердисциплинарно подучавање URL: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=1197 (23.01.2018) URL: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/interdisciplinarno/10.TEHNOLOSKA_INOVACIJA.pdf
12. С.Јокић, Љ. Јокић, Радиоице уз изложбе из одрживог развоја URL: http://rukautestu.vin.bg.ac.rs/?Page_Id=1206 (25.01.2017)

Državna matura iz fizike

Aljoša Kancler

Prva gimnazija Maribor, Maribor, Slovenija

Apstrakt. V Srbiji poteka projekt vpeljave nacionalne mature ob zaključku gimnazije, ki se poskusno uvaja z letom 2018. Na okrogli mizi Konference v Aleksincu leta 2017, na kateri sem tudi sodeloval, se je odprlo veliko vprašanj okrog priprave in izvedbe mature. Ker matura v Sloveniji poteka že več let, bi v članku želel predstaviti izkušnje, predvsem pa, kako vidim kot profesor fizike maturo pri svojem predmetu, ter prikazati primerjavo med maturo v Sloveniji in načrtovano maturo v Srbiji. Predstavljene informacije bodo zagotovo koristile profesorjem pri javni razpravi o nacionalni maturi v Srbiji.

Ključne besede: matura, izbirni predmeti, eksperimentalno delo.

UVOD

Predstavitev slovenske državne mature na Mednarodni konferenci v Aleksincu in ta članek je nastal na pobudo lanske okrogle mize na omenjeni konferenci. Tema okrogle mize je bila nacionalna matura v različnih državah, kjer pa je bil predstavljen le okvirni potek mature v Sloveniji. Ker se je pojavilo veliko vprašanj okrog izvedbe mature, kot je načrtovanje, raven zahtevnosti, potek priprave na maturo in izbira predmetov, sem se odločil o tem zapisati nekoliko več.

Predvsem sem poskušal zraven dejstev o poteku mature prikazati tudi svoj pogled na priprave, izvedbo in rezultate mature.

O MATURI

Matura je državni izpit, ki ga kandidati opravljajo pod enakimi pogoji: hkrati, po enakih postopkih, pravilih in ocenjevalnih merilih. Omogoča domače in mednarodne primerjave, preglednost rezultatov in prepoznavnost stanja ter ugotavljanje razvojnih potreb [1]. S splošno maturo je sistemsko urejen prehod med srednjo šolo in univerzo, podobno kakor v evropskem šolstvu. V letu 1994 je bila na vzorcu srednjih šol izpeljana poskusna matura, "prava" pa v šolskem letu 1994/1995.

Splošna matura je izpit za dokončanje gimnazije in nadaljevanje študija na univerzi. Zato je hkrati končni in nadaljevalni izpit, ki ureja prehod med gimnazijo in univerzo. Splošno maturo določa Zakon o maturi, pravila in postopke njenega izvajanja pa podzakonski akti [2]. Njen pomen za pridobitev srednje izobrazbe določa Zakon o gimnazijah, za vpis na univerzo pa Zakon o visokem šolstvu:

- **pomen mature za zaključek šolanja -** z opravljeno splošno maturo kandidati dokazujejo, da so dosegli standarde znanja, ki so določeni s cilji gimnazijskega programa;
- **pomen mature za vpis na univerzo** - kandidati z opravljeno splošno maturo izkažejo splošno usposobljenost za katerikoli univerzitetni študij in je zadostni pogoj za študij, ki

po vpisnem obsegu ni omejen. Posebna nadarjenost in psihofizične sposobnosti se pri splošni maturi ne ocenjujejo, lahko pa jih preverja univerza sama. Ob omejitvi vpisa se v skladu z Zakonom o visokem šolstvu pri izbiri kandidatov upoštevata uspeh pri splošni maturi in uspeh v zadnjih dveh letih izobraževanja, lahko pa še drugi pogoji, ki jih določi fakulteta.

Izpitni predmeti

Vsak dijak lahko zraven obveznih predmetov, ki sta slovenščina in matematika, izbere obvezno en tuji jezik in še 2 izbirna predmeta.

Na nacionalni ravni lahko dijaki izbirajo med vsemi splošnoizobraževalnimi in strokovnimi predmeti, ki jih je 30. Vsaka šola pa v skladu z zmožnostmi in usmerjenostjo določi, katere predmete bo izvajala. Če dijak izbere predmet, ki se ne izvaja na njegovi šoli, ta predmet obiskuje na drugi šoli. Z možnostjo izbire predmetov splošne mature in izpitnih vsebin kandidati prevzemajo izpitne obveznosti glede na svoje doseženo znanje, usposobljenost in zanimanje, zlasti pa glede na predvideni študij. Izbirni predmeti iste ravni zahtevnosti so med seboj enakovredni po obsegu in zahtevnosti izpitne snovi ter po izpitnih ciljih, vse to pa zagotavlja enakovrednost splošne mature ne glede na izbiro predmetov [1].

MATURA NA PRVI GIMNAZIJI MARIBOR

Izbira maturitetnih predmetov

Na Prvi gimnaziji lahko dijaki izbirajo med 19 predmeti. Praviloma se o izbiri predmetov na maturi odločajo ob koncu tretjega letnika. Takrat profesorji dijakom tudi predstavijo svoj predmet na maturi. Dijake predvsem zanima zahtevnost znanja, potek izpita in pridobivanje ocen.

Dijaki zraven obveznih predmetov, ki so slovenščina, matematika, prvi tuji jezik, drugi tuji jezik in zgodovina, izberejo še vsaj 2 predmeta, tako da imajo tedensko skupno vsaj 29 ur pouka. Z izbiro predmetov dijaki sooblikujejo svoj urnik v 4. letniku.

Pouk

Pouk poteka tako, da se dijaki iz različnih oddelkov pri izbirnih predmetih združujejo v skupine. Zaradi logističnih zahtev so izbirni predmeti na urniku prve ali zadnje ure pouka. Matura se izvaja v skladu z maturitetnim koledarjem. Izpiti potekajo nekako v času med 1. in 20. junijem. Dijaki 4. letnikov namreč končajo s poukom okrog 21. maja, tako da se lahko nemoteno pripravijo na izpite.

MATURA IZ FIZIKE

Pouk fizike

Za opravljanje mature iz posameznih predmetov se dijaki odločijo ob koncu 3. letnika. Dijaki, ki izberejo predmet fizika, imajo v 4. letniku tedensko 4 ure fizike, ki so namenjene poglabljanju in utrjevanju znanja ter izvedbi eksperimentalnih vaj, kar v celotnem letu znaša 140 ur fizike. Pred tem imajo dijaki v treh letih gimnazije 210 ur fizike, oziroma 2 uri tedensko [3].

Kot utrjevanje znanja imam v mislih ponavljanje snovi, ki so jo dijaki osvojili v prvih treh letih izobraževanja in jo je potrebno utrditi. Za to pa ne ostane veliko časa, saj je med katalogom za maturo in učnim načrtom določena razlika v predpisanih ciljih in izbirnosti. Zato je potrebno še dodatno obdelati določena poglavja, ki so zahtevana za maturo, vendar so v učnem načrtu definirana kot izbirna oz. posebna znanja in jih zato nismo obravnavali prej [3,4].

Določen del ur (ca. 10 %) pa je namenjen eksperimentalnemu delu, ki je definiran kot interni del mature, o čemer je več razloženo v poglavju o strukturi izpita.

Maturitetni izpit

Izpit je sestavljen iz internega in eksternega dela, pri čemer oba potekata na šoli (Tabela 1) [4].

TABELA 1: Sestava maturitetnega izpita

Izpit	Tip izpita	Delež pri oceni	Opomba
Interni del	Eksperimentalno delo	20 %	Izbrani eksperimenti po katalogu
I. pola	Naloge izbirnega tipa	35 %	Vsa poglavja, ki jih dijaki predelajo v 3 letih
II. pola	Strukturirane naloge	45 %	Izbrana poglavja, poglobljeno znanje iz 4. letnika

Interni del je lahko ustni del mature (SLO, MAT, TUJ), lahko je seminarska naloga (ZGO, SOC, FIL…), ali pa eksperimentalno delo, kot je pri fiziki. Dijaki v okviru pouka opravijo 10 eksperimentalnih vaj iz različnih področij fizike ter nato napišejo poročilo in opravijo zagovor. Interni del ocenjuje profesor, ki jih uči, ter rezultate posreduje državni komisiji. Dosežejo lahko največ 20 % točk.

Eksterni del mature je pisni izpit in se izvaja na isti dan za vse dijake v državi. Sestavljen je iz dveh delov in traja 2-krat po 90 minut. Prvi del nalog je izbirnega tipa in zajema splošna znanja vseh poglavij, ki smo jih obravnavali. Iz teh nalog lahko dijaki zberejo največ 35 % točk. V drugem delu pisnega izpita je možno zbrati 45 % točk. Dijaki v tem delu izberejo 3 področja fizike izmed 6, ki so na voljo (merjenje; mehanika; termodinamika; elektrika in magnetizem; nihanje in valovanje; moderna fizika), vendar so v teh poglavjih zahtevana tudi poglobljena znanja fizike.

Eksterni del mature ocenjuje državna komisija za maturo. Dobljene točke prišteje k internemu delu ter nato razglasi rezultate. Dijaki praviloma naredijo maturo iz fizike s pozitivno oceno, pade jih do 1 % (leto 2017, 14 neuspešnih od 1015) [5]. Razlog za dober uspeh lahko pripišemo temu, da je fizika izbirni predmet in si jo izberejo res tisti, ki jih fizika zanima.

OSEBNE IZKUŠNJE NAMESTO ZAKLJUČKA

Verjamem, da je uvedba državne mature velika prelomnica v šolskem sistemu. Zagotovo prinaša pozitivne stvari.

Ker je fizika na maturi izbirni predmet, se zanj odločajo dijaki ki jih to zanima. To pomeni, da imamo v 4.letniku pri pouku samo dijake, ki so zainteresirani in je zato delo v razredu lažje, veliko bolj dinamično in pestro, ter je pričakovan rezultat toliko višji.

Matura pomeni določeno evalvacijo na nacionalni ravni, s čemer lahko profesorji ugotovimo svoje kvalitete dela. Po drugi strani pa dijaki ne potrebujejo sprejemnih izpitov ampak v predvidenem in naprej znanem roku opravijo maturo, ki šteje za vpis na univerzo.

Opozoril pa bi na določene pasti oziroma posledice, kot jih vidim jaz, vendar zaradi nekoliko različne zasnove ni nujno, da se bodo pojavile tudi v Srbiji [6,7]. Zaradi omejenega števila ur imajo dijaki v 4. letniku samo določene izbirne predmete. To pomeni, da nekatere predmete obravnavajo samo 3 leta in s tem predelajo manj snovi. Pouk v 4. letniku je podrejen predvsem uspehu na maturi, zato so nematuritetni predmeti za dijake postranskega pomena in se jim ne posvetijo dovolj, čeprav izkušnje kažejo, da jim bodo prav tako koristili pri nadaljnjem študiju.

Načrtovana matura v Srbiji gotovo prinaša spremembe. Vsekakor so te spremembe dobrodošle za dijake, ker jim ne bo potrebno opravljati sprejemnih izpitov na različnih fakultetah. Gimnazijam in profesorjem pa prinaša določeno avtonomijo, saj imajo nadzor nad pripravami na izpit, nad izpiti ter nad delom končne ocene.

LITERATURA

1. Republiški izpitni center (RIC). URL: https://www.ric.si/splosna_matura/ (12.1.2018)
2. Zakon o maturi, (Uradni list RS, št.1/2007). URL: https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/77725 (22.1.2018)
3. G. Planiništ, R. Belina, I. Kukman in M. Cvahte, Učni načrt gimnazija fizika, 2008. URL: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2008/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_fizika_gimn.pdf (17.1.2018)
4. Državna predmetna komisija za splošno maturo za fiziko, Predmetni izpitni katalog za splošno maturo – fizika 2018. URL: https://www.ric.si/mma/2017%20M-FIZ-2017/2015083113004440 (15.1.2018)
5. Državna predmetna komisija za splošno maturo za fiziko, Poročilo o poteku splošne mature iz fizike v letu 2017, 2017. URL: https://www.ric.si/mma/2018%20Porocilo%20DPK%20411%20%20FIZ%202017/2018012308563785/ (20.1.2018)
6. Zakon o srednjom obrazovanju i vaspitanju ("Sl. glasnik RS", br. 101/2017). URL: http://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_srednjem_obrazovanju_i_vaspitanju.html (30.11. 2017)
7. I.Mićević, Sadasnji osmaci na fakultet bez prijamnog, Vecernje novosti, 2017. URL: http://www.novosti.rs/vesti/naslovna/drustvo/aktuelno.290.html:656643-Sadasnji-osmaci-na-fakultet-bez-prijemnog (25.11.2017)

Осиромашени уранијум и радијациона повреда човека

Драган Карајовић, Драган Цветановић

Прва крагујевачка гимназија, Крагујевац, Србија

Апстракт. Осиромашени уранијум који је коришћен током рата у Југославији 1999. године стална је тема у научним круговима. Већ годинама на нашим просторима влада подељено мишљење о радијационом (не)загађењу изазваним осиромашеним уранијомом. У овом раду су дати основни параметри о осиромашеном уранијуму, његовом транспорту у животну средину, као и процена последица по људе и околину. Ово је покушај да се из огромног материјала извуку само неке елементарне чињенице потребне за правилно схватање основнох карактеристика радијационе повреде човека, пре свега изазване осиромашеним уранијумом.

Кључне речи: осиромашени уранијум, зрачење.

УВОД

У последњих седамдесет година у више наврата дошло је до ослобађања и акумулације опасних радионуклида у атмосфери и земљи. Први такав догађај повезан је са бомбардовањем Нагасакија и Хирошиме атомским бомбама 1945. године. Следила су потом тестирања атомског оружја 50'их и 60'тих година, и акцидент у нуклеарној елктрани у Чернобилу 1986. године као и у Фукушими 2011. године.

Уран је масивни хемијски елемент који је хемијски токсичан и радоактиван и има три природна изотопа U-238 U-235 и U-234. Смешу ових изотопа надаље називаћемо природни уранијум (ПУ) а процентуална масена изотопска заступљеност у њему је U-238 (99,28%), U-235 (0,72%) и U-234 (0,005%). Поред ПУ, постоји осиромашени уранијум (ОУ) и обогаћени уранијум (БУ), а њихов изотопски састав се процентуално разликује од састава ПУ. ОУ има U-238 (99,8%), U-235 (0,2%) и U-234 (0,0009%). а БУ има U-238 (96,47%), U-235 (3,5%) и U-234 (0,03).

У људском телу се налази просечно 90 микрограма ПУ, који се таложи у износу од 66% у скелетном систему, 16% у јетри, 8% у бубрезима и 10% у осталим органима и ткивима.

ОУ настаје као отпадни материјал у технологији обогаћивања природног уранијума изозопом U-235, и носи мањи радијациони ризик јер низ распадања изотопа U-238 у осиромашеном уранијуму садржи изотопе до изотпа U-234, тако да још увек у ланцу распада нема изотопа радиоактивног полонијума, радијума, радона, бизмута и олова.

Сви изотопи урана су радиоактивни, са доминантним алфа распадом који прати гама распад. Времена полураспада изотопа урана су: U-238 има 4,5 милијарде година, U-235 700 милиона год а U-234 244500 година. ОУ је скоро два пута гушћи метал од олова (има густину 19050 kg/m3), па због ове карактеристике највише се користи у војној индустрији, нарочито за повећање продорне моћи пројектила у противоклопној борби.

ОУ по први пут је коришћен у војним акцијама у Ираку 1990/91 затим у БиХ 1994/95 г. и при бомбардовању СРЈ 1999. г. затим 2003. г. поново у Заливском рату све до 2011. г. За

скоро 25 година, ОУ је коришћен у више десетина хиљада ваздушних удара на Балкану и у Персијском заливу. При томе употребљено је око 3000 тона OU а то значи да је у испаљеним пројектилима било око 6 тона U-235 (та количина одговара пуњењу за 170 атомских бомби бачених на Хирошиму). На територији Србије расуто је око 30 тона ОУ односно 60 кг U-235 што је скоро довољно за пуњење две атомске бомбе из 1945 г [1]. Треба имати у виду да се овде пореде количине употребљеног уранијума као нуклеарног материјала, а да је радијациони ризик по здравље становништва већи када дође до нуклеарне експлозије када долази до емисије на стотине изотопа фисионих продуката, као у случају Хирошиме и Нагасакија у односу на коришћење ОУ у муницији са ОУ где су присутни само изотопи од U-238 до U-234 (укупно 5 радиоизотопа). Ефекти разарања, усмрћивања и повређивања услед радијације, термичких и механичких дејстава такође неупоредиво већи када се ради о нуклеарној експлозији, у односу на последице примене осиромашеног уранијума у виду муниционог пуњења,када нема ланчане реакције и формирања фисионих продуката, већ долази до расипања аеросола 5 изотпа из низа U-238.

СЛИКА 1. Нуклеарно оружје некад и сад [3].

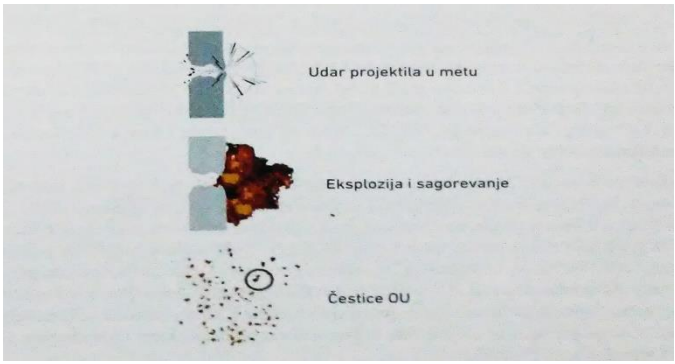
Познати немачки научник проф. др Рудолф Хенцел изнео је тврдњу да је НАТО 1999. године за време бомбардовања Савезне Републике Југославије затровао нашу земљу за сва времена, па је зато морална обавеза свих који су се сусретали са овим проблемом – лекара, научника, новинара, официра и војника, да стану уз своје грађане и изнесу им истину о тим догађајима, о хемијском и радиолошком загађењу и потенцијаним ризицима по здравље људи који живе на овим просторима.

КОНТАМИНАЦИЈА ОСИРОМАШЕНИМ УРАНИЈУМОМ

На територији Србије 60 кг U-235, представља посебну опасност услед контаминације земљишта у сливовима великих река где осиромашени уранијум лако улази у ланац

исхране (Слика 2). Поред овог начина контаминације, микро и нано честице ОУ могу се пренети ваздушним струјањима на веома велика растојања (хиљаде километара), па удисањем ОУ доспева у плућа. Ове честице настају када метак који садржи ОУ погоди чврсту мету, при чему је њихова величина обрнуто сразмерна температури која се развија у току експлозије а која достиже вредност преко 3000°C. На пример, противтенковска граната од 120 mm испаљена из топа или тенка ослобађа око 950 грама радиоактивног материјала, и метак од 30 mm испаљен из авиона A-10 производи око 300 грама радиоактивног материјала (Слика 3). Поменути начини контаминације доводе до загађења животне средине и аерозагађења изазивајући глобалну контаминацију [3].

СЛИКА 2. Мапа циљева и дистрибуције неексплодираних пројектила у Републици Србији после НАТО агресије 1999. године [2].



СЛИКА 3. Ослобађање гасовитих оксида уранијума [1].

Најзначајније последице контаминације ОУ настају због радијационог и хемијског токсичног дејства честица ОУ које се депонују у ткивима људи путем удисања или исхране и на тај начин изазивају ране или одложене здравствене ефекте. Упркос мањој

радиоактивности ОУ у поређењу са ПУ, ОУ одликује се високом токсичношћу и радиотоксичношћу када се депонује у ткивима и органима човека, што може довести до појаве канцера у плућима и бубрезима, леукемије и појаве лимфома. ОУ је 2006. године категоризован као агенс I групе (канцероген за људе) према класификацији Интернационалне агенције за истраживање канцера (IARC) [1].

Здравствени ефекти настају због радијационог и хемијског токсичног дејства честица осиромашеног уранијума које се депонују у ткивима после инхалације, ингестије или уноса кроз оштећену кожу или слузокожу. Плућа примају главне дозе радијације када су честице осиромашеног уранијума унете инхалацијом. Веће честице се задржавају у почетним деловима респиратирног система, у устима носу, бронхијалном стаблу, а значајне дозе примају бронхијални лимфни чворови. Честице мање од 100 nm се накупљају у алвеоларном простору. Из плућа честице које су најмањих димензија доспевају у крвоток и посредством крви доспевају до других органа.

Канцерогено дејство се остварује оштећењима DNK која могу да изазову активацију онкогена - гена чијом активацијом ћелија губи способност контроле ћелијске деобе и настаје тзв. трансформисана ћелија. Од такве једне ћелије и ћелија које су настале од ње неконтролисаном деобом долази до настанка тумора. Такође, тумор може да настане ако мутација инактивира ген из групе тумор супресора који блокирају ћелијску деобу. До мутације онкогена и тумор супресор гена могу да доведу делеције и транслокације, као и генске мутације као што су замене или губитак нуклеотида. На молекуларном нивоу канцерогенеза је вишеетапни процес, односно сматра се да је резултат акумулације соматских мутација, тј. да захтева више мутационих догађаја.

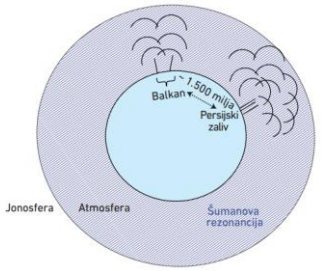
DNK радијационо може да буде оштећена директним или индиректним механизмима. Директни механизми подразумевају директну јонизацију, а индиректни се остварују посредством реактивних кисеоничних радикала (ROS – eng. Reactive Oxygen Species), супероксида ($HO_2\cdot$) и водоник-пероксида (H_2O_2) који секундарно оштећују DNK [1].

Bystander ефекат је феномен да ћелије које нису изложене дејству радијације испољавају различите последице услед пријема сигнала који потичу од оближњих ћелија које су примиле дозу зрачења. Као одговор на примљене сигнале код неозрачених ћелија могу да се јаве промене у процесу транслације, генске експресије, ћелијске пролиферације, као и ћелијска смрт. Кључни фактори који су одговорни за bystander ефекат су слободни радикали, фактори имунског система (цитокини), промена експресије гена укључених у инфламаторне путеве и епигенетички фактори [5].

У плућима долази до интеракције радијације која потиче од честица и плућних имуноцита што је основа за развој аутоимуних обољења. У бронхоалвеоларним лаватима педијатријских пацијената откривен је неуобичајен налаз lupus erythematosus ћелија, ћелије беле лозе измењених морфолошких и фагоцитних карактеристика, које се иначе повезују са присуством аутоимуних обољења код пацијента. Како ни код једног испитаника није нађено истовремено присуство аутоимуног обољења, присуство ових ћелија је дискутовано у светлу раног радиоадаптивног одговора ткива на изложеност јонизујућем зрачењу из унутрашњих извора ОУ унетих инхалацијом. Сви пацијенти су деца из Србије, Босне и Херцеговине и Црне Горе, са територија које је НАТО у више наврата бомбардовао пројектилима са осиромашеним уранијумом. Регистрована су и два случаја могуће интраутерине изложености честицама осиромашеног уранијума, код детета старости три месеца које је рођено у околини Краљева месец дана после завршетка бомбардовања и код детета старости осам месеци које је рођено у околини Младеновца месец дана после почетка бомбардовања. И Краљево и Младеновац су градови који се налазе северно од гађаних циљева гранатама са осиромашеним уранијумом [1].

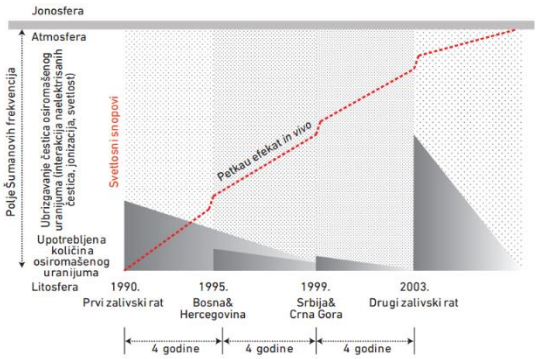
Поред дејства на живи свет ОУ делује и на животну средину. Корозијом заосталих пројектила или њихових делова у земљи наставља емисију јонизујућег зрачења. Кисеоник из ваздуха у реакцији са ОУ доводи до појаве самосагоревања што прати велики број пожара на подручијима где је употребљен ОУ. Поред тога, брзо расте концентрација алфа честица при употреби ОУ, а то нарушава равнотежу јединства литосфере-атмосфере-јоносфере. Ова последица се огледа у порасту температурских и климатских екстрема [1].

Следећи ефекат настаје када се радиоактивне честице гасовитих оксида уранијума нађу у атмосфери. Наиме, око земљине сфере се простире диелектрична атмосфера све до јоносфере, па између земље и јоносфере јављају се електрична пражњења која продукују светлосне ефекте услед интеракције наелектрисаних алфа и бета честица са молекулским азотом. Светлосни бљескови у атмосфери индукују нискофреквентне таласе који се шире око Земље и међусобно интерферују при чему настаје Шуманова резонанција (Слика 4).

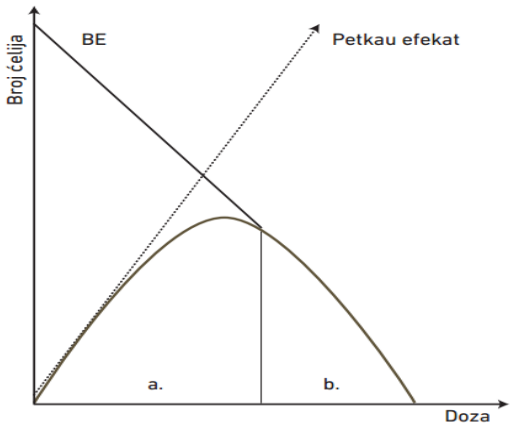


С**ЛИКА 4.** Интеракција светлосних снопова и Шуманове резонанције у атмосфери [1].

Овако настали таласи су екстремно ниске фреквенције (8 Hz, 14 Hz i 20 Hz) и могу да интерферују са можданим тета и алфа таласима. Ово нарушава базичне механизме регулације у људском телу. Канадски научник др Абрам Петкау је 1972.године експериментално показао да мале јачине дозе зрачења изазивају већи цитотоксични ефекат него велике јачине дозе [4]. Управо те мале и споре јачине дозе настају после експлозије пројектила са ОУ (Слика 5). Поред тога, мале јачине дозе и ниске дозе (5 mGy) изазивају адаптивни одговор – bystander efekat - BE ћелија ткива. Крива BE и Петкау ефекат имају супротне трендове (Слика 6).



СЛИКА 5. Петкау ефекат и Шуманова резонанција [4].



СЛИКА 6. Петкау и bystander-efekat [4]: а) фаза радиоадаптације; б) прогресија иреверзибилних промена и коначно смрт ћелија.

ШТА НАМ ЈЕ ЧИНИТИ ДАЉЕ?

Неопходно је подржати од свих нас и од стране државе иницијативу проф.др Данице Грујичић за формирање националног центра и лабораторије за испитивање последица НАТО удара. Професорка Грујичић напомиње да за ,,18 година постоји велики број показатеља страшних последица НАТО бомбардовања а највећи међу њима су:

1) Број оболелих од лимфома и леукемије у Србији после бомбардовања скочио је за 110%, а смртност од ових болести за 160%.
2) Број деце у Србији оболеле од карцинома је 303 на милион деце, а европски просек је тек 165 на милион деце.
3) Стерилитет код мушкараца након НАТО агресије повећан је за чак 100%
4) 7 од 8 радника „Водовода“ у Врању умрло је до данас од рака, пошто је после бомбардовања радило на брду Пљачковица, које је гађано ОУ.
5) Више од 40 војника „Малчанског одреда“ из Сврљига умрло је од карцинома после боравка на ратишту на КиМ.
6) Италијански војници у саставу КФОР-а нису били обавештени о утицају ОУ, па последица је 45 умрлих и 515 оболелих од карционома.
7) Доказано је да су се, после бомбардовања рафинерија у Новом Саду и Панчеву, у Дунав излили отровни олово и жива, док је у Београду, Крагујевцу и Бору након гађања трафостаница животну средину затровао канцерогени пирален.
8) НАТО је 1995.године ОУ гађао и Републику Српску. Само у Хаџићима велики број и Срба и Бошњака оболео је од карцинома.
9) УН фалсификовале су извештај Бакарија Кантеа и Кита Баверстока о погубним последицама ОУ у Србији, тако што су те последице умањили. НАТО је 1999.године у посебном приручнику упозорио војнике КФОР-а да могу да оболе од рака током боравка на КиМ, што јасно говори да су били свесни страшних последица ОУ по живот и здравље људи.”

ЗАКЉУЧАК

„После војне употребе ОУ наша стварност више није иста. ОУ је идеални невидљиви убица, тројански коњ нулкеарног рата“ како каже проф. др Светлана Жунић. После рата 1999.године АБХО јединице су на 360 места мериле последице НАТО удара на КиМ. Према речима команданта АБХО батаљона п.п. Радомира Александрића „Тек кад се уранујумско зрно откопа АБХО уређај „полуди“, а док је у земљи једва се детектује“. Дакле, војска није била опремљена за егзактно мерење мале активности ОУ где је неопходна примена врло осетљивих техника као што је алфа-спектрометрија, као и најсавременијих технологија из радијационе области.

ЗАХВАЛНИЦА

Посебну захвалност за овај рад изражавам двема професоркама на Медицинском факултету ВМА: професорки Др Драгани Стаматовић на неизмерном труду за скоро једногодишње моје лечење на ВМА, а професорки Др Светлани Жунић на несебичној помоћи при припреми овог рада.

Са прославе годишњице гимназијске матуре
(Драган Карајовић са Проф. др Драганом Карајовић до пре неки дан
Стаматовић и Проф. др Светланом Жунић)

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Жунић, Рани и одложени здравствени ефекти осиромашеног уранијума. Медија центар ОДБРАНА, Београд, 2016.
2. Д. Козомара, Приказ дистрибуције неексплодиране НАТО муниције у Србији. Politika online, 23. 3. 2012. 22:00. http://www.politika.rs/rubrike/Drustvo/Zaostalebombe-pretnja-sirom-Srbije.sr.html. (12. 3. 2016), URL: http://www.politika.rs/scc/clanak/212757/Zaostale-bombe-pretnja-sirom-Srbije.
3. МБ. Рајковић, Осиромашени уранијум – Комерцијална примена осиромашеног уранијума. Произвођачи муниције од осиромашеног уранијума. Хемијска индустрија, 2001; 55 (10):457–469.
4. S. Žunić, Lj. Rakić, Depleted Uranium Induced Petkau Effect: Challenges for the Future. Nova Science Publishers. (ed.) New York, 2016.
5. M. Najafi, R. Fardid, Gh. Hadadi and M. Fardid, The Mechanism od Radation- Induced Bystander Effect, J Biomed phys Eng, 2014: 163-172

Иновативни експерименти у настави физике

Милан С. Ковачевић

Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија

Апстракт. За реализацију огледа и лабораторијских вежби из физике неопходно је стално претраживање часописа који се баве публиковањем радова на ову тему. Као најважније за наставнике физике препоручујем European J. of Physics, American J. of Physics, The Physics Teacher, Physics Education и Квант. Овај рад садржи приказ неколико иновативних експеримената, пре свега демонстрационих, погодних за реализацију на часовима физике у основној и средњој школи. Одабрани огледи треба да подстакну наставнике да и они сами кроз *open-source* претраживања, пронађу и практично реализују нове демонстрационе експерименте из физике у својим школама.

Кључне речи: наставна средства, демонстрациони оглед, лабораторијска вежба.

УВОД

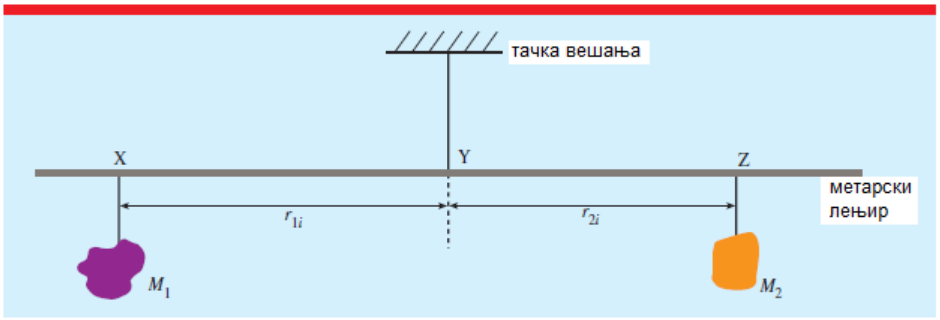
Према данашњим образовним захтевима у области природних наука од ученика се очекује да постигну разумевање основних научних концепција, теорија, научних метода и природе саме науке (ПИСА пројекат). Када је реч о настави физике, једна од важнијих карактеристика се односи на стварање изазова и прилика за учење решавањем проблема, учешћем у пројектима, и другим активностима, уз неговање развоја критичког мишљења. Најбољи начин да се одговори свим овим изазовима је школски експеримент као метода учења [1-3].

Технолошки напредак који се догодио протеклих неколико деценија имао је огроман утицај и на опрему за експерименте у школама. Транзистори, разни електронски уређаји, ласери, оптичка влакна, компјутери и др., довели су до драматичне промене у лабораторијској технологији и наставним средствима. Овај тренд научно-технолошког развоја ће и у будућности довести до промене апарата и других ресурса за експерименте који ће бити на располагању наставницима. Од наставника физике се очекује континуирано учење када је реч о демонстрационим експериментима, лабораторијским вежбама, истраживачким школским експериментима. Ово захтева праћење часописа у којима се објављују радови корисни за наставнике физике у школама и на факултетима. Неки од тих часописа су побројани у апстракту овог рада. Наставници на факултетима треба да помогну колегама наставницима у школама у одабиру и реализацији нових експеримената који би се реализовали на часовима физике. Овде су описани само неки огледи који се, са мало труда и материјала, могу реализовати у свим школама.

ОДРЕЂИВАЊЕ ГУСТИНЕ ЧВРСТОГ ТЕЛА БЕЗ МЕРЕЊА ЊЕГОВЕ МАСЕ И ЗАПРЕМИНЕ

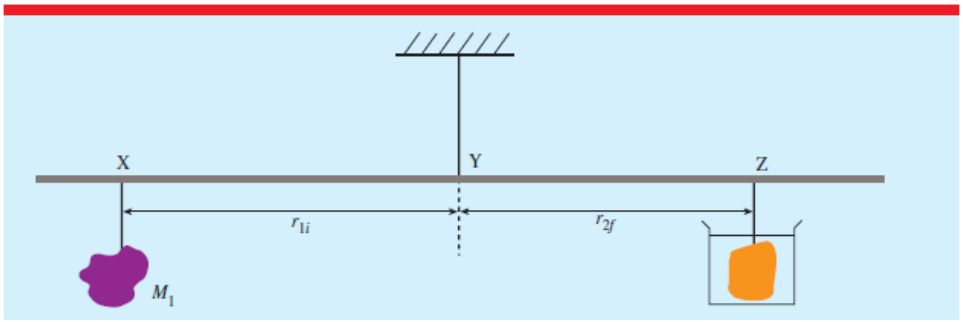
Једноставан метод за налажење густине тела без мерења масе и запремине је заснован на равнотежи момента и Архимедовом принципу [4]. Мерење подразумева уравнотежавање равнокраке полуге у ваздуху на коју су обешена два тела непознатих маса M_1 и M_2 са различитих страна ослонца (Слика 1). Из услова равнотеже полуге налазимо

$$M_1 g\, r_{1i} = M_2 g\, r_{2i}\,. \tag{1}$$



Слика 1. Равнотежа полуге у ваздуху.

Након тога тело чију густину одређујемо (тело M_2) се урања у течност познате густине (на пример у воду), и поновно се врши уравнотежавање полуге. Положај тела M_1 се не мења. Познавајући густину воде, густина тела се одређује мерењем дужине крака сила када је полуга у равнотежи (Слика 2).



СЛИКА 2. Равнотежа полуге када је тело М2 потопљено у течност познате густине.

У новом положају равнотеже, крак силе $M_2 g$ је r_{2f} док крак силе $M_1 g$ остаје исти, r_{2i} (слика 2). Услов равнотеже момената је

$$M_1 g r_{1i} = (M_2 g - B) r_{2f}\,. \tag{2}$$

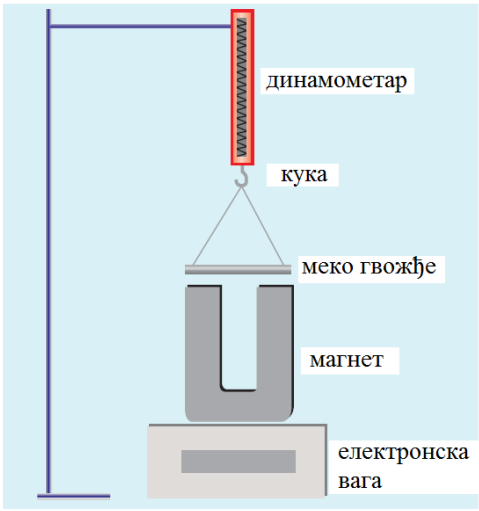
где је B сила потиска која делује на тело M_2 док је потопљено у течности, тј. $B = \rho_1 V_2 g$, где је ρ_1 густина течности. Решавањем једначине (2) налазимо да је

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 - r_{2i} / r_{2f}} \,. \tag{3}$$

Процедура захтева да се што прецизније мерење дужина r_{1i} и r_{2f}. Вредност за густину ρ_1 узети из таблица.

ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН

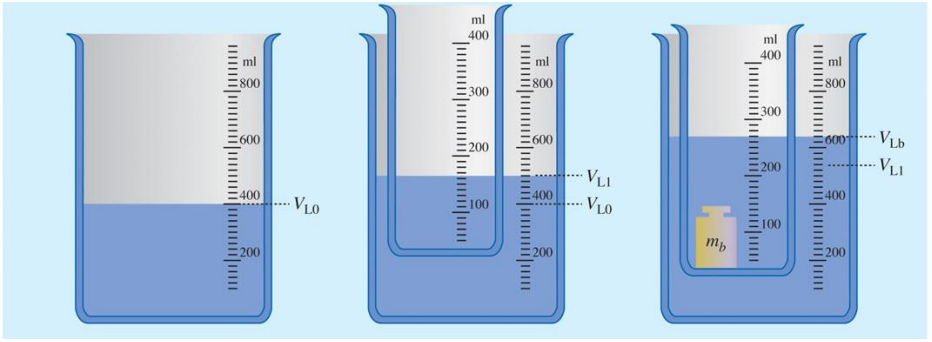
Једну интересантну идеју за демонстрацију Трећег Њутновог закона налазимо у раду [5]: магнет и комад меког гвожђа се привлаче силама једнаким по правцу и интензитету, са супротним смеровима (Слика 3). Окачити комад гвожђа о куку динамометра као на слици. Очитати силу коју показује динамометар. На електронску вагу поставити магнет и мерењем његове масе израчунати тежину магнета. Позиционирањем гвожђа непосредно изнад магнета, показивање динамометра се повећава за исти износ силе за колико се смањи тежина магнета. Питање за размишљање: како би се сличан експеримент реализовао без употребе динамометра?



СЛИКА 3. Апаратура за демонстрацију Трећег Њутновог закона.

АРХИМЕДОВ ПРИНЦИП

Концептуално разумевање Архимедовог принципа може се олакшати кроз једноставан експеримент у коме се одређује маса и густина тела које плива у течности [6]. Потребне су две градуисане чаше (већа и мања чаша) и тег непознате масе m_b.

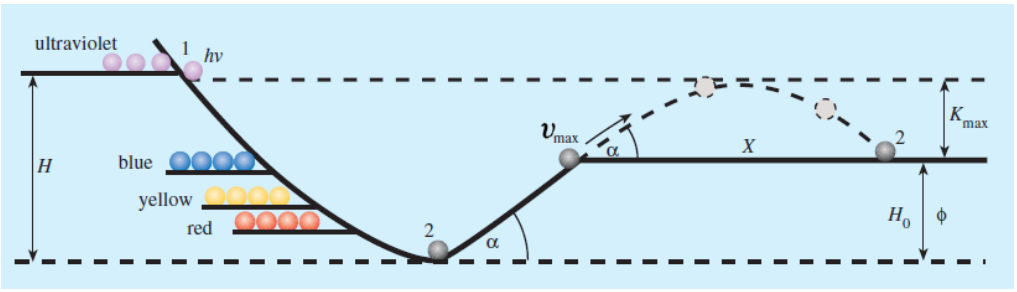


СЛИКА 4. (а) Почетни ниво течности у већој чаши. (б) Одређивање масе мање чаше. (в) Одређивање масе тела m_b .

У већу чашу у којој је почетни ниво воде V_{L0} убаци се мања градуисана чаша. Ниво воде се подигне до V_{L1} . На основу Архимедовог принципа, сила потиска која делује на мању чашу је $(V_{L1}-V_{L0})\rho_0 g$, где је ρ_0 густина воде. Пошто су силе потиска и гравитациона сила $m_s g$ уравнотежене, налазимо да је маса мање чаше износи $m_s=(V_{L1}-V_{L0})\rho_0$. Ако сада тело непознате масе m_b спустимо у мању чашу (Слика 4, ц) ниво воде у великој чаши се подигне до V_{Lb} . Сила потиска која се уравнотежује са гравитационом силом $m_b g$ износи $(V_{Lb}-V_{L1})\rho_0 g$. Одавде налазимо да је маса тела $m_b=(V_{Lb}-V_{L1})\rho_0$. Као експериментални задатак за ученике остављамо да осмисле метод за одређивање густине непознате течности помоћу исте апаратуре.

ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ ЕФЕКАТ

Модели и аналогија чине једно од важних сазнајних средстава у физици и науци уопште. Аналогни модели постају значајни и у настави физике за описивање често копликоване ситуације са једноставнијом која подлеже формално истим законитостима и која може да се опише истоветним физичким формулама. Једно такво решење налазимо у [7].



СЛИКА 5. Механички модел за фотоелектрични ефекат [7].

Ученици у четвртом разреду гимназије изучавају фотоелектрични ефекат. Од њих се очекује да разумеју концепт енергије фотона $h\nu$, излазног рада из метала ϕ , максималне кинетичке енергије избаченог електрона $K_{\max}=mv_{\max}^2/2$. Ајнштајнова једначина за фотоефекат је

$$h\nu = \phi + K_{\max}, \tag{4}$$

где је h Планкова константа. У експерименту приказаном на слици 5, куглице различитих боја се пуштају низ стрму раван са висине H. Њихова потенцијална енергија износи mgH. Ове куглице симулирају фотоне различите енергије. Куглица 2 симулира електрон у потенцијалној јами у металу. Када фотон (куглица 1) удари у електрон (куглица 2), електрон бива избачен из метала. Слично, у механичком моделу, када куглица 1 чија је потенцијална енергија mgH еластично се сударе са куглицом 2 на дну стрме равни, она је избаци куглицу 2 која се даље креће као коси хитац. Закон одржања енергије гласи

$$mgH = mgH_0 + \frac{mv_{\max}^2}{2}. \tag{5}$$

Упоређивањем једначина (4) и (5) уочава се аналогија међу одговарајућим механичким величинама и величинама које су карактеристичне за фотоефекат (Табела 1).

ТАБЕЛА 1. Аналогне величине у моделу.

Механичка аналогија	Фтотелектрични ефекат
Потенцијална енергија “Фотон” куглице 1, mgH	Енергија упадног фотона, $h\nu$
Потенцијална енергија “електрон” куглице 2, mgH_0	Излазни рад, ϕ
Кинетичка енергија “електрон” куглице 2, E_k	Кинетичка енергија фотона, $K_{\max}$

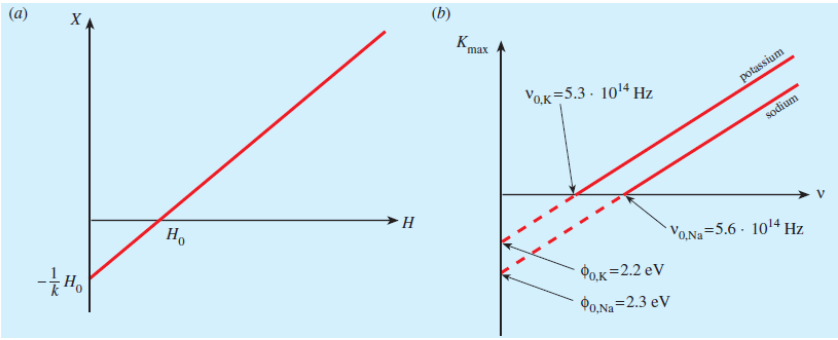
Трансфомацијом једначине (5) добијамо релацију облика

$$X = \frac{1}{k}H - \frac{H_0}{k}, \tag{6}$$

где је $X = (v_{\max}^2 \sin 2\alpha)/g$ и $k = 1/(2\sin 2\alpha)$. Слично, решавањем Ајнштајнове једначине (4), добијамо

$$v_{\max}^2 = \frac{2h}{m}\nu - \frac{2\phi}{m}. \tag{7}$$

У експерименту се могу мерити параметари параболе, и скицирати график (X, H) који се може упоредити са графиком који се добија на основу једначине (7).

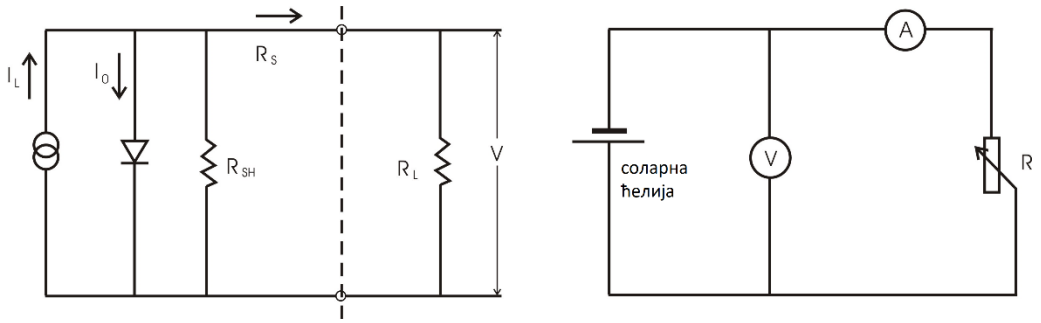


СЛИКА 6. (а) Механичка аналогија, домет куглице 2 у функцији од висине H са које се спуштају куглице 1. (б) Фотоелектрични ефекат, максимална кинетичка енергија електрона у функцији од фреквенције фотона [7].

На слици 6(б) видимо да енергија електрона линеарно расте с фреквенцијом светлости, али не зависи од њеног интензитета. Сличну зависност уочавамо и на слци 6(а).

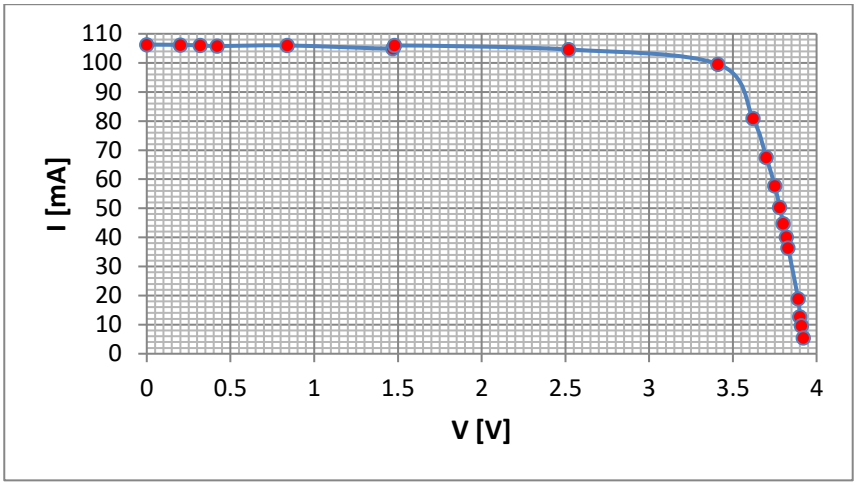
СОЛАРНА ЋЕЛИЈА

У раду [8] описан је експеримент за мерење струјно напонске карактеристике силицијумске соларне ћелије. Овај оглед има посебну педагошку снагу због његове једноставности и логичке јасноће и може наћи своје место у програму физике у четвртом разреду гимназије. Могу се рачунати основни параметри ћелије: максимална снага, филинг фактор, струја кратког споја и напон празног хода. Од прибора су потребни соларна ћелија (панел), извор светлости, променљиви отпор 0–100 $\mathrm{k}\Omega$, милиамперметар и волтметар. У нашем експерименту је коришћена монокристална силицијумска соларна ћелија чије су димензије 70x65x3,2 mm. Соларна ћелија се може моделовати као диода која ради у инверзном режиму. Више детаља о овоме и једначинама којима се описује струја у соларној ћелији налази се у раду [9]. Еквивалентно коло соларне ћелије јр приказано на слици 7а. Овде је R_s серијски отпор, R_{SH} паралелни отпор (шант), R_L спољашњи отпор. На слици 7б је шематски приказ кола за мерење струјно-напонске карактеристике соларне ћелије: A - амперметар, V - волтметар, R –променљиви отпор.



СЛИКА 7. а. Еквивалентно коло соларне ћелије. **б.** Шематски приказ кола за мерење струјно-напонске карактеристике соларне ћелије.

На слици 8 приказана је струјно напонска карактеристика соларне ћелије добијена мерењем напона и струје у колу са слике 7б. Одговарајућа тачка на графику која одговара максималној снази ћелије има координате $V_{mp} = 3,3\mathrm{V}$ и $I_{mp} = 100\mathrm{mA}$. Вредност за максималну снагу ћелије износи $P_m = 0,33\mathrm{W}$. Процењене вредности напона празног хода и струје кратког споја су 4 V и 104 mA, редом. Нумеричка вредност за филинг фактор соларне ћелије износи $FF = 0,79$, што у процентима износи 79%. За карактеристични отпор соларне ћелије се добија вредност 38,5 Ω.



СЛИКА 8. Струјно напонска карактерстика соларне ћелије.

ЗАКЉУЧАК

Развој и распрострањеност интернета, едукативних софтвера и апликација имају огроман позитиван утицај на увођење нових наставних средства у настави физике. Управо и циљ рада јесте био да се укаже на само неке изворе за нове демонстрационе експерименте као и за лабораторијске вежбе из физике. На крају, ево неколико web адреса часописа у којима се објављују радови корисни за наставниек физике.

American J. of Physics, http://aapt.scitation.org/toc/ajp/current,
European J. of Physics, http://iopscience.iop.org/journal/0143-0807
The Physics Teacher, http://aapt.scitation.org/toc/pte/current
Physics Education, http://iopscience.iop.org/journal/0031-9120
Kvant, http://kvant.mccme.ru/

ЛИТЕРАТУРА

1. Љ. Нешић, Поглавља методике наставе физике, ПМФ Ниш, 2015, 207-244.
2. J. Cunningham, N. Her, Hands-On Physics Activities with Real-Life Applications: Easy-to-Use Labs and Demonstrations for Grades 8 - 12, John Wiley&Sons, San Francisco, 1994.
3. В. А. Буров, Б. С. Зворикин, А. П. Кузимин, А. А. Пкровскиј, И. М. Румјацев, Демонстрациони експеримент из физике за средњу школу, књига 1 и 2 (на руском), Просвешениje, 1978, 1979.
4. F. Mumba, and M. Tslge, Finding the density of objects without measuring mass and volume, Physics Education 43 (3) 293-295 (2006).
5. P. Gluck, Newton's thrid law hangs in the balance, Physics Educations 41 104-105 (2006).
6. M. Kires, Archimedes' principle in action, Phys. Educ. 42 484-487 (2007).
7. M. Kovacevic, A. Djordjevich, A Mechanical analogy for the photoelectric effect, Phys. Educ. 41, 551-555 (2006).
8. М. Шебек, А. Петковић, А. Марковић, С. Марковић, М. Свичевић, М. Ковачевић, Струјно-напонска карактеристика соларне ћелије, Настава физике 3, 311-314 (2016).
9. D. W. Kammer and M. A. Ludington, Laboratory experiments with silicon solar cells, Am. J. Phys. 45, 602-606 (1977).

Нелинеарно еластично клатно

Милан С. Ковачевић[1], Мирослав Јовановић[2]

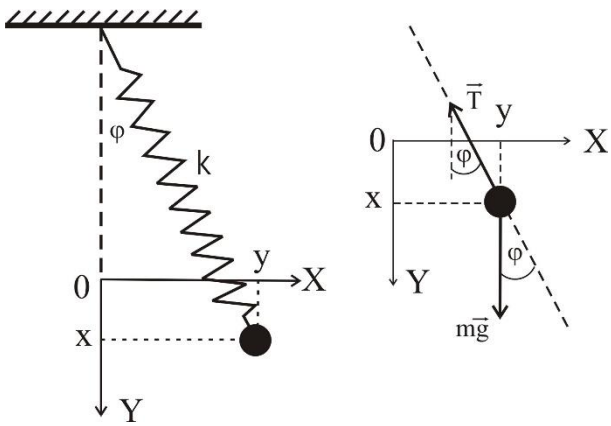
[1]*Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија*
[2]*Гимназија „Јосиф Панчић“ Бајина Башта, Србија*

Апстракт. У овом раду је описан експеримент са еластичним клатном, који може омогућити талентованим и надпросечним ученицима да усвојено градиво које су са својим вршњацима учили у школи, дубље проуче и примене. Описани експеримент се може реализовати без много улагања у лабораторијски прибор и потрошни материјал, и као такав је доступан свим школама. Посебан акценат је на мерењу са еластичним клатном које се употпуњује са одговарајућом нумеричком симулацијом кроз коју ученик може самостално да одреди резонантну масу клатна.

Кључне речи: еластично клатно, нелинеарне осцилације.

УВОД

На слици 1 је приказано еластично клатно које се састоји из тела масе m учвршћеног о еластичну опругу константе k. Ако је маса тела m доста већа од масе еластичне опруге маса опруге се може занемарити што поједностављује анализу кретања клатна. Такође, линеарне димензије тела су доста мање од дужине опруге.



СЛИКА 1. Еластично клатно у положају када опруга заклапа угао φ са правцем Y -осе (слика лево); силе које делују на тело масе m када се оно налази у положају (x, y) (слика десно).

Иако је еластично клатно релативно једноставан систем, под одређеним условима, кретање клатна је сложено кретање, и јако зависи од вредности параметара система клатно-опруга (масе тела, константе опруге, и др.) као и почетних услова. Ако деловањем спољашњих сила систем изведемо из равнотежног положаја, побуђивањем искључиво вертикалних осцилација, затим га пустимо, онда он врши хармонијско осциловање.

Међутим, ако је фреквенција вертикалних хармонијских осцилација тачно два пута већа од фреквенције осциловања математичког клатна, вертикалне осцилације постају нестабилне, и побуђују се хоризонталне осцилације. Укупно кретање клатна се може посматрати као суперпозиција два кретања: вертикалних осцилација тела масе m обешеног о еластичну опругу константе k, и осциловања "математичког" клатна променљиве дужине. У овом раду је најпре исписан и анализиран нелинеаран систем куплованих једначина кретања описаног клатна. Затим је приказан експеримент са клатном променљиве масе са циљем да се одреди резонантни услов када вертикалне осцилације прелазе у хоризонталне и обрнуто.

ЈЕДНАЧИНЕ КРЕТАЊА

Да бисмо добили једначине којима се описује кретање нелинеарног клатна, уочимо све силе које делују на тело масе m када се оно нађе у тачки (x, y). Означимо са $\omega_v = \sqrt{k/m}$ кружну фреквенцију вертикалних хармонијских осцилација. Ако је l_0 дужина неоптерећене еластичне опруге, после вешања тела масе m дужина клатна биће $l = l_0 + l_1$, где је $l_1 = mg/k$. У положају који одговара тачки (x, y), дужина клатна износи λ (ова дужина се мења току осциловања клатна). Тренутни положај клатна је одређен поларним координатама λ и φ. Сагласно другом Њутновом закону, једначина кретања клатна има облик

$$m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}\,. \tag{1}$$

Пројектовањем векторске једначине на правац x-осе, добија се скаларна једначина

$$m\ddot{x} = -T\sin\varphi \tag{2}$$

где је $\sin\varphi = x/\lambda$, а интензитет еластичне силе је $T = k(\lambda - l_0)$. Овде је уведена ознака за други извод по времену, тј. $\ddot{x} \equiv d^2x/dt^2$. Једначина (2) се може преписати у облику

$$m\ddot{x} = -k\left(\lambda - l + l - l_0\right)\frac{x}{\lambda}\,. \tag{3}$$

Ако се једначина (3) подели са l, и у наставку величине x и λ посматрамо као нормализоване, једначина кретања дуж правца x-осе је

$$\ddot{x} + \omega_h^2 x = -\beta x\frac{\lambda - 1}{\lambda}, \tag{4}$$

где је $\omega_h = \sqrt{g/l}$ кружна фреквенција хоризонталних осцилација, и $\beta = \omega_v^2 - \omega_h^2$. Слично, пројекција једначине (1) на правац y-осе даје

$$m\ddot{y} = -k(\lambda - l_0)\cos\varphi + mg \tag{5}$$

Користећи се сличним поступком као и у поступку извођења једначине (4), једначина (5) постаје

$$m\ddot{y} = -k(\lambda - 1)\cos\varphi + mg(1 - \cos\varphi) \tag{6}$$

где је $\cos\varphi = (l + y)/\lambda$. Укључивањем величина ω_h, ω_v и β, груписањем сродних чланова добија се једначина у облику

$$\ddot{y}+\omega_v^2 y=-\beta+\beta\frac{1+y}{\lambda}. \tag{7}$$

Једначине (4) и (7) представљају систем чијим решавањем се добијају коначне једначине кретања клатна, тј. $x(t)$ и $y(t)$. Ако се у једначини (4) изабере $\lambda=1$, десна страна једначине постаје нула. Слично, ако се у једначини (7) изабере $\lambda=1$ за $y=0$, десна страна једначине такође постаје нула. Ово је потврда о коректности ових једначина. Ради боље прегледности групишимо нелинеарне куповане једначине кретања:

$$\ddot{x}+\omega_h^2 x=-\beta x\frac{\lambda-1}{\lambda}, \tag{I}$$

$$\ddot{y}+\omega_v^2 y=-\beta+\beta\frac{1+y}{\lambda}. \tag{II}$$

ЛИНЕАРНА ТЕОРИЈА

Ако се у једначинама (I) и (II) узме апрокисмација $x<<1$ и $y<<1$ (детаљи извођења су дати у Реф.[3]), добија се систем једначина

$$\ddot{x}+\omega_h^2 x=-\beta xy \tag{Iл}$$

$$\ddot{y}+\omega_v^2 y=-\frac{1}{2}\beta x^2 \tag{IIл}$$

Овај систем је основа за линеарну анализу еластичног клатна, видети Реф. [1].
Нека су на почетку побуђене само вертикалне осцилације, тј. $y=A\cos(\omega_v t)$ чија је амплитуда A. Тада једначина (Iл) постаје

$$\ddot{x}+\left[\omega_h^2+\beta A\cos(\omega_v t)\right]x=0 \tag{10}$$

која има облик Mathieu-ове једначине [4]

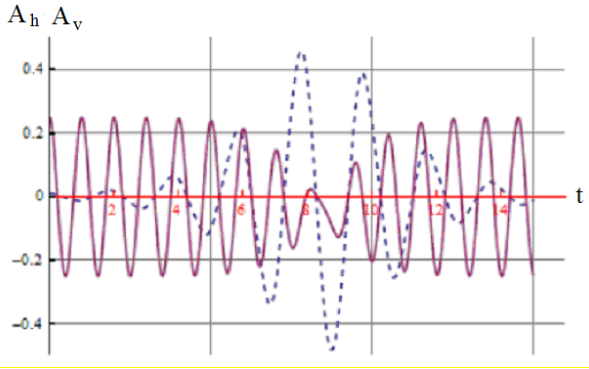
$$\ddot{x}+\left[a+16q\cos(2\tau)\right]x=0, \tag{11}$$

где је $\tau=(1/2)\omega_v t$, $a=4l_1/l=4mg/(kl)$ и $q=A(1-a/4)/4$. Услов $a=1$ одговара параметарској резонацији $\omega_v=2\omega_h$. Овај услов можемо написати у облику $4m_R g=kl$ или $m_R=kl_0/(3g)$. Маса m_R се назива *резонантна* маса. При овој вредности масе, систем опруга-тело постаје нестабилан, вертикалне осцилације прелазе у хоризонталне и обрнуто.

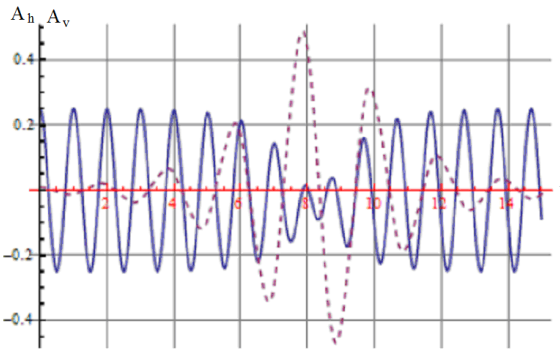
НУМЕРИЧКО РЕШЕЊЕ

Нумеричко решење система (I-II) се може добити, на пример, применом пакета *Wolfram Mathematica 8*. Као решење се добија временска еволуција хоризонталних и вертикалних осцилација еластичног клатна, тј. амплитуде ових осцилација A_v и A_h у функцији од времена (Слика 2). У току осциловања, енергија вертикалних осцилација се трансформише у енергију хоризонталних осцилација. После одређеног времена, аплитуда вертикалних осцилација постаје минимална док амплитуда хоризонталних осцилација је максимална. Прорачун је урађен за опругу чија је константа 50 N/m и равнотежну дужину

опруге 100 cm. На слици 3 је приказано нумеричко решење система (Iл-IIл) за исте вредности коснтанте и дужине опруге. У оба случаја резонантна маса износи 1,274 kg.



СЛИКА 2: Хоризонталне (испрекидана линија) и вертикалне осцилације (пуна линија), пуна теорија, једначине (4) и (7) [3]; $k = 50\,\mathrm{N/m}$, $l = 1\,\mathrm{m}$, $m = 1,27\,\mathrm{kg}$.



СЛИКА 3: Хоризонталне (испрекидана линија) и вертикалне осцилације (пуна линија), линеаризовани систем једначина (10) и (11)) [3]; $k = 50\,\mathrm{N/m}$, $l = 1\,\mathrm{m}$, $m = 1,27\,\mathrm{kg}$.

ДЕМОНСТРАЦИОНИ ОГЛЕД

Иако је теорија нелинеарног клатна доста сложена, оглед са којим се може демонстрирати кретање овог клатна је релативно једноставан и не захтева скупу апаратуру (Слика 4). Еластична опруга се окачи о хоризонталну пречку и пусти да виси. Константа опруге је k . За доњи крај опруге се обеси тег масе m који истеже опругу до равнотежног положаја. Маса тега треба да буде приближна резонантној маси $m_R = \dfrac{kl_0}{3g}$. У експерименту се најпре побуде вертикалне осцилације амплитуде A_v . На почетку хоризонталне осцилације су веома слабе, скоро да их нема. Временом вертикалне осцилације се пригушују, њихова амплитуда постаје све мања, и после одређеног времена ова амплитуда постаје минимална, док амплитуда хоризонталних осцилација нараста до максималне вредности.

СЛИКА 4: Демонстрациони оглед за нелинеарне хармонијске осцилације. Маса тега је изабрана тако да је приближно једнака резонантној маси $m_R = kl_0 / (3g)$.

ЕЛАСТИЧНО КЛАТНО ПРОМЕНЉИВЕ МАСЕ

У експерименту је најпре одређена константа еластичне опруге. О опругу дужине 11 cm додавани су тегови почевши од 20 g до 80 g. Применом Хуковог закона $\Delta m\, g = k\Delta l$, добијена је средња вредност за константу опруге k=9,2 N/m. Пошто је одређена карактеристика опруге, на опругу је окачен пластични "контејнер" пречника 6 cm и висине 5,5 cm који се могао напунити са приближно 100 g воде. На слици 5 је дата фотографија експеримета са еластичним клатном променљиве масе.

СЛИКА 5: Еластично клатно променљиве масе.

Након качења празног "контејнера" ефективна дужина клатна је износила l_0=15 cm. Маса опруге је $m_o = 12,75g$. Маса празног контенјнера је $m_t = 19,5g$. Маса тела окаченог на еластичну опругу биће $m = m_t + m_v$, где је m_v маса воде. Маса опруге је занемарљива у односу на масу m. Са доње стране контејнера, у центру, пробушена је рупа пречника 1 mm. У равнотежном стању, време потребно да сва вода из контејнера истекне је око 25 s. Извођењем осцилатора из равнотежног положаја у вертикалном правцу, побуђене су искључиво вертикалне осцилације $y = A\cos(\omega_v t)$. Како осциловање напредује, маса клатна се смањује, а кретање постаје све брже. У неком тренутку, појављују се хоризонталне осцилације. Клатно пролази кроз тачку која одговара параметарској резонанцији. Измерили смо критичну масу и нашли да она износи $m_R^m = 48,25\text{g}$. Применом формуле $m_R = \frac{kl_0}{3g}$ налазимо да ова маса износи 46,89 g. Процентуална грешка мерења је $\delta = 2,8\%$.

ЗАКЉУЧАК

У раду је акценат на демонстрационом огледу као и експерименту са еластичним клатном променљиве масе који ће повећати активност свих ученика на часу физике. Истовремено они треба да допринесу повећању мотивације и бољем индивидуалном напредовању појединаца у складу са њиховим интелектуалним способностима. Идеја са шупљим контејнером је интересантна реализација клатна са променљивом масом, а ученицима остављамо да они сами трагају за неким новим идејама како направити еластично клатно променљиве масе. Анализом експеримента закључујемо да кретање клатна карактерише јака зависност од параметара којима се систем описује (нпр., константе опруге, масе тега, дужине опруге) и од почетних услова. Мала промена ових параметара може довести до драстичних промена у понашању нелинеарног система.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Аничин, Д. М. Давидовић, В. М. Бабовић, On the linear theory of the elastic pendulum, *Eur. J. Phys.* 14, 1993, pp. 132-135.
2. Д. М. Давидовић, Б. А. Аничин, В. М. Бабовић, The libration limits of the elastic pendulum, *Am. J. Phys.* 64, 1996, пп. 338-342.
3. М. Ковачевић, Н. Даниловић, В. М. Бабовић, Could variable mass oscillator exhibit the lateral instability?, *Kragujevac J. Sci*. 30, 2008, pp.31-44.
4. N. W. McLachlan, Theory and application of Matheiu Functions, Oxford: Clarendon, 1947.

Одређивање коефицијента пригушења у ваздуху помоћу линеарног хармонијског осцилатора

Соња Ковачевић[1], Милан С. Ковачевић[2]

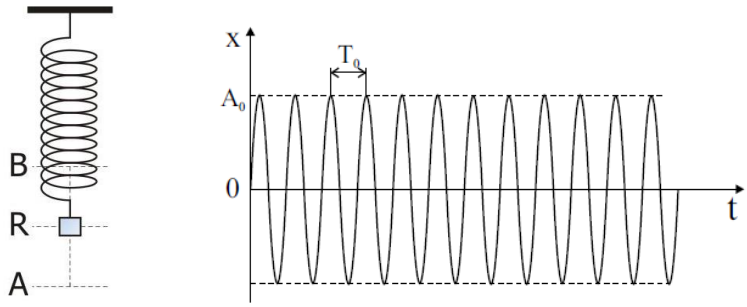
[1]*Прва крагујевачка гимназија, Крагујевац, Србија*
[2]*Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија*

Апстракт. Линеарни хармонијски осцилатор је изузетно важан пример периодичног кретања, који служи као тачан или као приближан модел за многе компликованије системе у класичној и квантној физици. У раду је презентован експеримент са тегом масе m који је учвршћен на једном крају еластичне опруге. Ако осцилатор изведемо из равнотежног положаја а затим га препустимо деловању унутрашњих сила, он врши хармонијске осцилације. Међутим, како је у реалном систему сила трења увек присутна, амплитуда се смањује са временом, и тада говоримо о пригушеним осцилацијама. Због присуства силе трења долази до повећања периода осциловања. Мерењем периода осциловања T и константе опруге k одређен је коефицијент пригушења β и одговарајућа грешка мерења $\Delta\beta$.

Кључне речи: еластична опруга, пригушене хармонијске осцилације, период.

НЕПРИГУШЕНЕ ХАРМОНИЈСКЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ

Ако тег изведемо из равнотежног положаја (слика 1), а затим га препустимо деловању унутрашњих сила, онда он врши слободне осцилације. Величине којима се описује осцилаторно кретање су период, елонгација, амплитуда и фреквенција. Као пример хармонијских осцилација може да послужи тег масе m који је учвршћен на једном крају еластичне опруге константе k (видети слику 1). У овом примеру маса опруге се занемарује.



СЛИКА 1. Осциловање тега окаченог о еластичну опругу. Ако тело крене из равнотежног положаја онда је једна осцилација одређена следећим положајима тела: A-R-B-R-A.

Када се тег помери из равнотежног положаја (деловањем спољашњих сила) па затим пусти, једина сила (унутрашња) је сила еластичне опруге: $\vec{F}_e = -k\,\vec{x}$, где је x елонгација, а k константа еластичности опруге. Смисао знака „-“ у изразу за силу указује да је смер ове силе увек ка равнотежном положају. Решавањем једначине кретања система, $ma = -k\,x$, добија се решење у облику

$$x = x_0 \sin\left(\omega_0 t + \varphi_0\right). \tag{1}$$

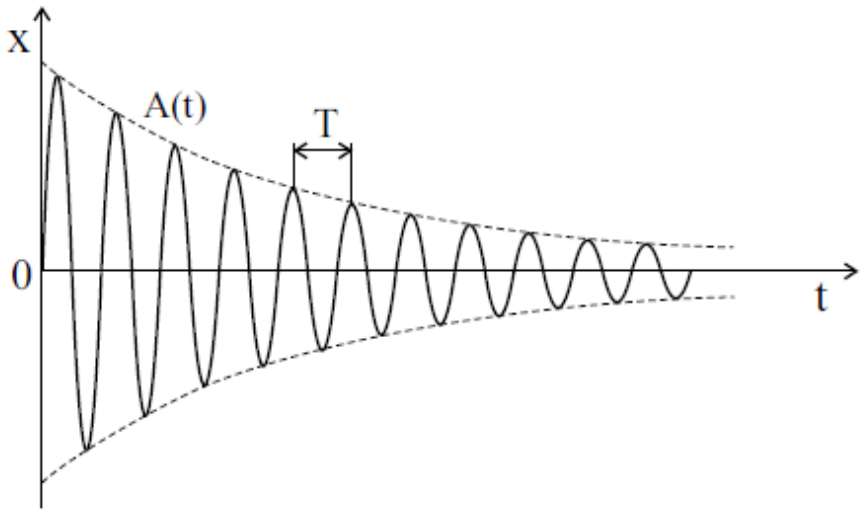
где је x_0 амплитуда осциловања, φ_0 почетни угао (фазни помак), а $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ кружна учестаност (фреквенција) сопствених осцилација. Ако графички прикажемо решење (1) добићемо криву са слике 1. Овде је T_0 период осциловања је, док је почетна фаза у овом примеру $\varphi_0 = 0$.

ПРИГУШЕНЕ ХАРМОНИЈСКЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ

У реалном систему сила трења је увек присутна што доводи до смањења амплитуде у току времена. Тада говоримо о пригушеним осцилацијама. У овом случају једначина кретања добија још један члан који урачунава и ову силу, тј. $ma = -kx - bv$, где је b коефицијент отпора ваздуха. Решење ове једначине је

$$x = x_0 e^{-\beta t} \sin\left(\omega_1 t + \varphi_0\right). \tag{2}$$

где је x_0 почетна амплитуда, e основа природног логаритма, β коефицијент пригушења, ω_1 кружна фреквенција пригушеног осциловања [1,2]. Коефицијент пригушења зависи од коефицијента отпора средине b и масе осцилатора m тј. $\beta = b/(2m)$. Угаона фреквенција зависи од особина средине и осцилатора $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ где је $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ сопствена фреквенција осцилатора. Ако графички прикажемо решење (2) добићемо криву са слике 2.



СЛИКА 2. Осцилације пригушеног осцилатора.

ОДРЕЂИВАЊЕ КОЕФИЦИЈЕНТА ПРИГУШЕЊА

Као што смо већ рекли, сила трења, попут отпора ваздуха, пригушује све стварне осцилаторе. Маса на опрузи с благим пригушењем (слика 1), која је покренута у тренутку $t = 0$, вршиће пригушене осцилације чија амплитуда опада са временом по закону $A(t) = x_0 e^{-\beta t}$, где је x_0 почетна амплитуда. Присуство силе трења доводи до повећања периода осциловања, који је у овом случају дат формулом

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}. \qquad (3)$$

Апаратура је релативно једноставна, и састоји се од опруге везане за држач на стубу, о коју може да се окачи тег одређене масе. На стубу се може окачити и скала на којој можемо очитавати дужину истезања опруге.

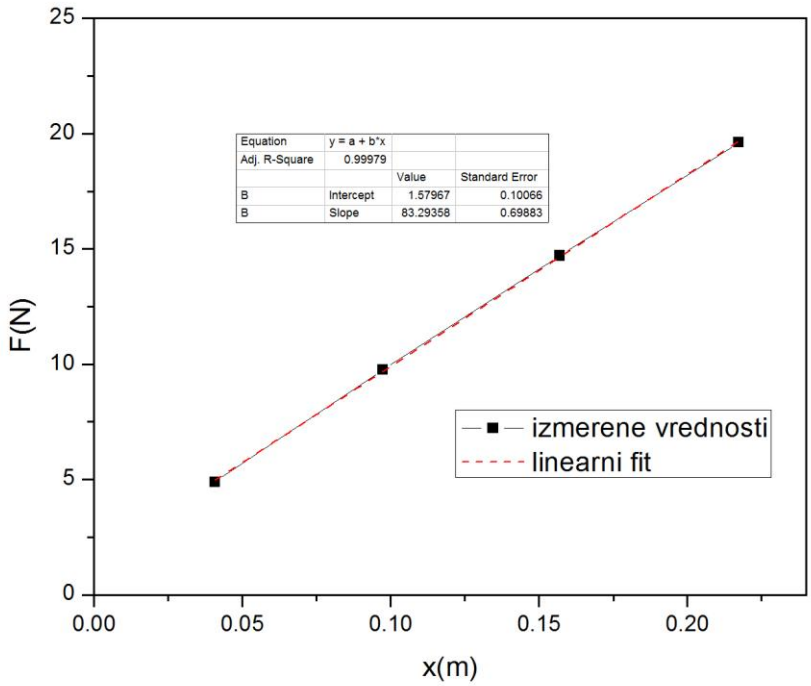
Најпре је потребно одредити коефицијент еластичности опруге, тј. константу k. Као што је познато, еластична опруга се издужује сразмерно интензитету силе који на њу делује. Тако, уколико је дошло до истезања опруге за дужину x, на опругу је деловала сила интензитета F, где је $F = kx$. О слободан крај опруге који виси, постепено додавати тегове различите масе, и мерити истезање опруге. Ради смањења грешке, поступак очитавања истезања опруге поновити три пута. У наше, случају, измерене вредости су приказане у табели 1.

Табела 1: Одређивање константе еластичности опруге.

Р. бр.	*m* (kg)	*F* (N)	x_i (mm)	*x* (mm)
1	0,499	4,90	41	40,7
			40	
			41	
2	0,995	9,76	98	97,3
			97	
			97	
3	1,499	14,71	158	157
			156	
			157	
4	2	19,62	218	217,3
			217	
			217	

На основу вредности из табеле 1 нацртати график зависности $F = f(x)$. Са графика очитати коефицијент правца праве, који тада представља тражени коефицијент еластичности опруге k. Уцртавањем парова вредности (*x,F*) из табеле 1, и повлачењем што могуће боље праве кроз те тачке, добијен је график на слици 3. Изабирањем две тачке са графика (x_1, F_1) и (x_2, F_2) може се израчунати вредност коефицијента еластичности опруге по формули

$$k = \frac{F_1 - F_2}{x_1 - x_2}.$$



СЛИКА 3. Графичка зависност силе од истезања опруге. Вредност коефицијента еластичности опруге налазимо са графика, и износи 83,29 N/m.

За одређивање константе пригушења β потребно је о опругу окачити тег чију масу m смо измерили вагом. Ако тег лаганим повлачењем наниже изведемо из равнотежног положаја, затим га пустимо он врши пригушено хармонијско осциловање (једначина 2). Потребно је измерити укупно време t за које систем направи n (обично 50) осцилација. Период осциловања се рачуна као $T = t/n$. Мерење времена t спровести три пута, а период осциловања изразити као средњу вредност резултата добијених у ова три мерења. Константу пригушења β израчунати из формуле (3) узимајући да је $\omega_0 = \sqrt{k/m}$. У нашем случају, за тег масе $m = 2\text{kg}$, и опругу еластичности $k = 83,3\text{N/m}$, укупно време за које тег направи n=50 осцилација износи $t = 49,3\text{s}$, тј. период осциловања износи $T = t/n = 0,986\text{s}$. Помоћу формуле (3) налазимо вредност за кофицијент пригушења β:

$$\beta = \sqrt{\omega^2 - \frac{4\pi^2}{T^2}} = 1,0421\text{s}^{-1}.$$

ИЗРАЧУНАВАЊЕ ГРЕШАКА МЕРЕЊА

Грешку мерења за константу еластичности k можемо израчунати помоћу формуле

$$\frac{\Delta k}{k}=\frac{2\Delta F}{F_1-F_2}+\frac{2\Delta x}{x_1-x_2}\,.$$

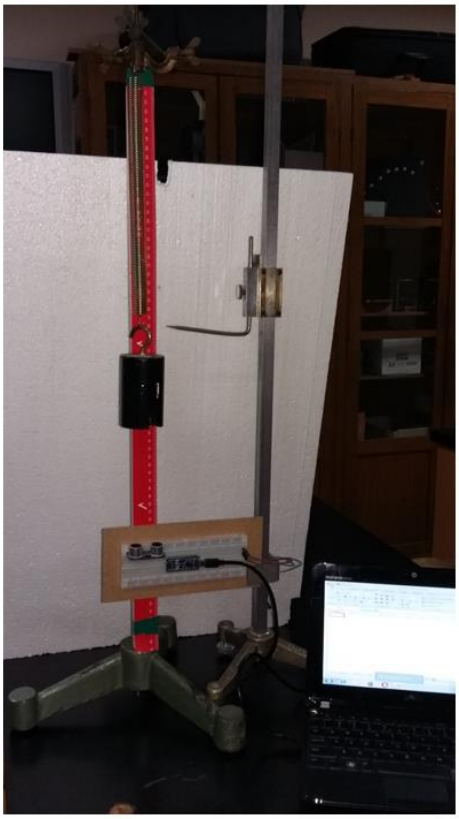
За грешку ΔF можемо узети и најмањи подеок са графика на оси F (ово је оправдано с обзиром да смо вредности за F_1 и F_2 директно очитавали са графика), док за Δx можемо узети најмањи подеок на лењиру, који у нашем случају износи 1 mm. Грешку мерења за коефицијент пригушења β можемо израчунати на основу формуле

$$\frac{\Delta\beta}{\beta}=\frac{\Delta\omega}{\omega}+\frac{\Delta T}{T}$$

где је $2\dfrac{\Delta\omega}{\omega}=\dfrac{\Delta k}{k}+\dfrac{\Delta m}{m}$ и $\dfrac{\Delta T}{T}=\dfrac{\Delta t}{t}$. Узимањем у обзир бројних вредности за $\Delta t=0,1\mathrm{s}$ и $\Delta m=1\mathrm{g}$, налазимо да је $\Delta\beta=0,006\mathrm{s}^{-1}$. Коначно, коефицијент пригушења је

$$\beta=\left(1,042\pm0,006\right)\mathrm{s}^{-1}.$$

На слици 4 је приказан експеримент са линеарним хармонијским осцилатором. Експеримент има и ардуино додатак који омогућава праћење и бележење елонгације у реалном времену.



СЛИКА 4. Експеримент са линеарним хармонијским осцилатором.

ЗАКЉУЧАК

У поређењу са демонстрационим огледима, може се рећи да је значај лабораторијских вежби још већи јер су ученици доведени очи у очи са физичком појавом, законом, методом или инструментима. Док раде вежбу, ученици су нужно активни и у знатној мери самостални [3,4]. При изради вежбе увек се постављају питања типа "како", "зашто", "шта би се десило ако...", која иницирају код ученика интензивно размишљање. Док ученици врше мерења, наставник активно прати њихов рад, дискретно их надгледа и, кад затреба, објашњава и помаже. При обради резултата мерења ученици се придржавају правила за табеларни приказ података, цртање графика, израчунавање заокружених вредности и грешака мерења, са чим наставник треба да их упозна унапред или да их да уз писана упутства за вежбу. У задатку описаном у овом раду, поред графичког одређивања коефицијента еластичности опруге препоручујемо и метод најмањих квадрата [6], који ученици могу реализовати за домаћи задатак.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Каделбург, В. Рапаић, Физика 3, *Круг* 2011, 1-38.
2. C. Kittel, W. D. Knight, M. A. Ruderman, Mechanics, Berkeley Physics Course 1, *McGraw-Hill*, 1973, 117-139.
3. Љ. Нешић, Школски експеримент у физици, Симпозијум - Експеримент у средњошколској настави физике, Алексинац, 21-23. фебруар 2014, Зборник радова 17-27.
4. Ј. Дојчиловић, С. Ивковић, Експерименти и демонстрациони огледи из физике I, II, Београд, 2007.
5. http://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFitting.html

Коришћење приручних рефлексионих дифракционих решетки у демонстрационим огледима и лабораторијским вежбама у настави физике

Ивана Круљ[1], Љубиша Нешић[2], Драган Радивојевић[2]

[1]Висока школа примењених струковних студија, Врање, Србија
[2]Природно-математички факултет, Ниш, Србија

Апстракт. Према програму наставе физике у трећем разреду гимназије природно-математичког смера и гимназије општег типа у Србији у оквиру таласне оптике обрађују се наставне јединице Интерференција и дифракција светлости, Поларизација светлости, Разлагање беле светлости на спектар и изводи се лабораторијска вежба Мерење таласне дужине светлости дифракционом решетком. Геометријска оптика се изучава након теме Таласна оптика. Значајно је, ради дубљег разумевања оптичких појава, у настави физике направити кохерентну везу између геометријске и таласне оптике. Као основа за успостављање те везе може послужити анализа појаве дифракције светлости. За реализацију наведене лабораторијске вежбе предвиђено је да се као наставно средство користи се дифракциона решетка, која као наставно средство, прилично високе цене коштања, наставу о таласној оптици ограничава на теоријски приступ. Лако доступне, и по цени приступачне су приручне рефлексионе дифракционе решетке. У овом раду биће представљена употреба таквих решетки у демонстрационим огледима и лабораторијским вежбама у настави физике.

Кључне речи: дифракција светлости, рефлексионе дифракционе решетке, таласна дужина светлости

УВОД

Свакодневне појаве као што су видљиви сјајан прстен око светлосних извора, добијање спектара боја светлости рефлектованих са површине компакт дискова, преливање боја на пауновом перу или пауковој мрежи могу послужити за стварање представе о томе да се не могу сви оптички феномени објаснити законима геометријске оптике.

У истраживањима о разумевању таласне оптике између осталог запажено је да студенти често нису сигурни да ли се за објашњење одговарајућих феномена треба користити концептима геометријске, концептима таласне оптике или концептима таласно-честичног модела светлости [1-2]. Улога наставника је да направи што је могуће природнији прелаз између различитих концепата у оптици и омогући ученицима њихово усвајање.

Према Пијажеу појава неравнотеже - потреба за новом адаптацијом – је мотивациони фактор развоја. Она је доживљена од стране ученика као когнитивни конфликт. За развој је најповољније ако долази до умереног степена неравнотеже - која буди активност и дозвољава самостално долажење до решења проблема. Пијаже учење дефинише као укупан процес прилагођавања и доградње менталних структура преко асимилације и акомодације, а који се остварује саморегулацијом. На процес учења саморегулацијом утичу искуство, друштвена трансмисија и дозревање. Разликују се две врсте искуства - физичко и логичко-математичко. Физичко искуство се остварује стварном интеракцијом са

објектима, док се логичко-математичко развија на бази физичког и представља рефлексивну апстракцију ученика. Следи да је оправдано и упутно школски експеримент извести на почетку посматрања одређене појаве [3].

Избором огледа и експеримената којима би се уочавала дифракција светлости, остварило би се чулно опажање значајно као основа за касније научно тумачење појаве и обезбедила би се основа за математичко формулисање законитости појаве дифракције у циљу дубљег разумевања таласне природе светлости.

ДИФРАКЦИОНЕ РЕШЕТКЕ

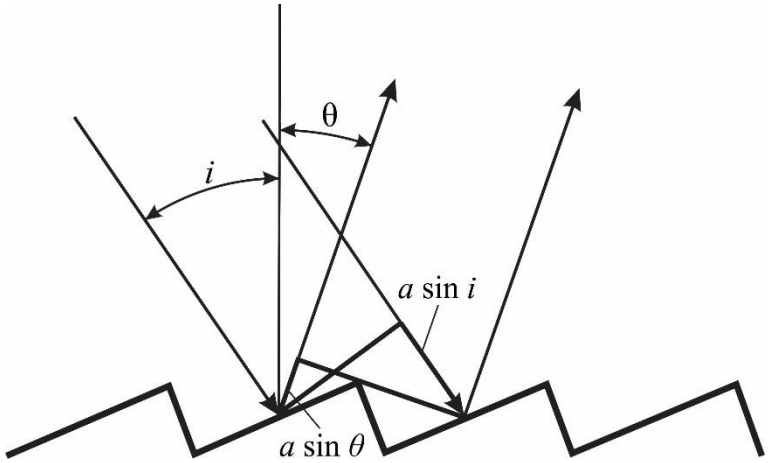
Дифракција се, осим на уским отворима, и препрекама упоредивим са таласном дужином светлости, дешава и на решеткама које се састоје од низа узаних зареза распоређених паралелно један поред другог на малим и подједнаким растојањима. Уколико су извор и екран на релативно великој удаљености реч је о Фраунхоферовој дифракцији док је за случај њиховог релативно малог међусобног растојања реч о Френеловој дифракцији. Према томе да ли се светлост прелама или одбија са површина између зареза решетке могу бити трансмисионе и рефлексионе [4]. Емпиријски подаци говоре да се дифракција дешава у случајевима када је димензија отвора или препрека два реда величине већа од таласне дужине светлости, односно уколико су димензије отвора или препрека реда величине 0,1 mm. Ако се изузму природне структуре са способношћу дифракције светлости, прву дифракциону решетку са 53 прореза на 1,27 cm, направио је астроном Д. Ритенхаусе 1785. године. Прву комерцијалну дифракциону решетку високог квалитета израдили су око 1950. године Г. Р. Харисон, Д. Ричардсон и Р. Вилиј. Модерне дифракционе решетке израђују се у широком распону величина и растојања између прореза (преко 10800 прореза на 1 mm дужине) [5].

У случају дифракционе решетке, када светлост пада на N отвора, дифракциона слика се знатно разликује у односу на случај проласка светлости кроз два отвора. Између јасно изражених главних максимума јавља се N-2 секундарних максимума знатно мањег интензитета. Путни услов за максимум интензитета светлости при дифракцији на решетки исти је као и услов при дифракцији на два отвора [6].

Од вештачких објеката на којима је могуће реализовати дифракцију а примарно нису конструисани са том наменом, вреди поменути компакт дискове који могу да се користе као дифракционе решетке и то трансмисионе уколико су им одстрањени етикета, акрилни и рефлектујући слој, или рефлексионе уколико се користе целовити површином која носи информације, а која је израђена од поликарбоната, као и лењире са милиметарском и полумилиметарском поделом.

Рефлексионе дифракционе решетке

Рефлексионе решетке су углачане површине на којима постоји низ уских зареза на једнаким растојањима, при чему се светлост на зарезима апсорбује или расејава а на углачаним деловима рефлектује. Сваки део рефлектујуће површине постаје извор секундарних таласа који даље интерферирају. С обзиром на то да са зареза не полазе сви секундарни таласи који би настали у случају потпуно глатке површине, доћи ће до конструктивне интерференције и дуж одређених праваца који се не подударају са правцем геометријске рефлексије.



СЛИКА 1. Дифракција светлосних зрака на рефлексионој решетки

Када је путна разлика једнака целобројном умношку таласне дужине

$$(\sin\theta_i - \sin\theta_r) = \frac{m\lambda}{a}, \quad m = 0, \pm1, \pm2, \ldots \qquad (1)$$

где су *a*- константа решетке, *λ*- таласна дужина светлости, *i*-упадни угао а θ- дифрактовани угао, таласи рефелектовани са суседних рефлектујућих површина су у фази и долази до конструктивне интерференције те се на заклону остварује осветљеност. Услов деструктивне интерференције за решетку са N зареза, је да се свака два суседна таласа морају разликовати у фази за 1/*N (2π).* Дифракциони минимуми остварују се за путне разлике *(k/N) λ*, где је *k* нецелобројни умножак *N*.

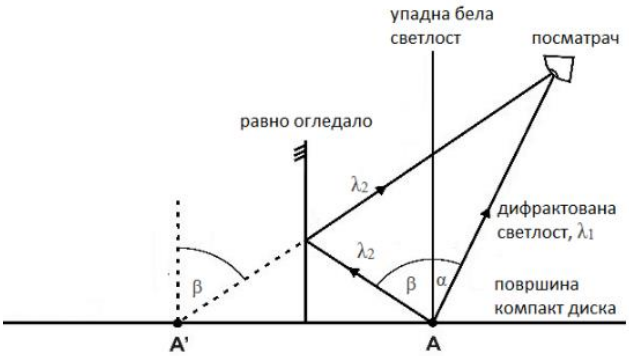
ДЕМОНСТРАЦИОНИ ОГЛЕДИ СА КОМПАКТ ДИСКОМ КАО РЕФЛЕКСИОНОМ ДИФРАКЦИОНОМ РЕШЕТКОМ

Проверу закона одбијања светлости могуће је реализовати помоћу апаратуре коју чине стаклена посуда на чијем је дну постављено огледало са рефлектујућом површином оријентисаном навише, колоидни раствор[1] и ласер. Ласерска светлост се расејава на честицама колоидног раствора те се може уочити сноп упадних и одбијених зрака [7]. Уколико се на дно посуде постави, уместо огледала, компакт диск, тада се усмеравањем ласерске светлости на површину компакт диска може остварити визуелизација дифракције, односно могуће је добити ефекат приказан на слици 2.

[1] У случају приказаном на слици коришћен је бистри сок од јабуке. Колоидни раствори су раствори у којима је растворена супстанца диспергована у растварачу у облику агрегација молекула, атома или јона, чије су димензије реда величине 1-100 nm. Полимерни макромолекули пектина, скроба, протеина и бојених материја, су колоидно дисперзионе честице у бистром соку јабуке.

СЛИКА 2. Рефлексиона дифракција монохроматске светлости на компакт диску.

Осветљавањем површине компакт диска белом светлошћу остварује се разлагање светлости на спектар боја. Посматрањем предмета у равном огледалу је из свакодневног живота познато да величина лика одговара величини предмета, те да удаљеност лика од равни огледала одговара удаљености предмета од огледала. Такође, свакодневно искуство говори да ће боја лика бити иста као што је боја предмета [8].



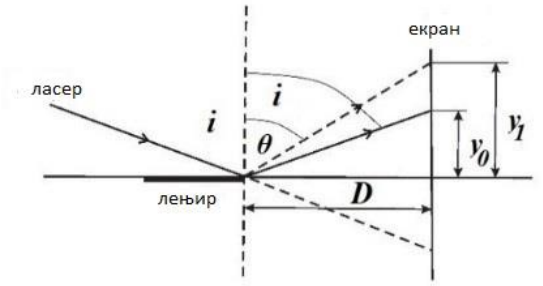
СЛИКА 3. Рефлексиона дифракција полихроматске светлости на компакт диску

Уколико би на површину компакт диска под правим углом био упућен сноп монохроматске светлости (слика 3), правци рефлектованих зрака формирали би конусне површине где би углови дифракционих максимума бивали већи са порастом таласне дужине монохроматске светлости. Из тог разлога усмеравањем снопа беле светлости нормално на површину компакт диска боја лика одређеног дела површине компакт диска у равном огледалу не би одговарала боји „предмета“.

ОДРЕЂИВАЊЕ ТАЛАСНЕ ДУЖИНЕ СВЕТЛОСТИ ПОМОЋУ ЛЕЊИРА СА ПОЛУМИЛИМЕТАРСКОМ ПОДЕЛОМ

Значај приручних рефлексионих решетки за наставу физике истакнут је у раду Нобеловца А. Л. Шалова који је осмислио једноставан експеримент са ласером и лењиром са полумилиметарском поделом који игра улогу рефлексионе решетке, постављених тако да светлост пада на површину лењира под великим упадним углом [9].

На слици 4 приказани су положаји главног (m=0) и максимума осветљености првог реда (m=1).



СЛИКА 4. Дифракција на лењиру-рефлексионој решетки

У овом случају следи да је:

$$\sin\theta = \frac{D}{\sqrt{D^2+y_1^2}} \tag{2}$$

где су D – растојање између решетке и екрана, y_1 – положај максимума осветљености првог реда.

Са слике 4 се уочава да је и

$$\sin i = \frac{D}{\sqrt{D^2+y_0^2}}. \tag{3}$$

Из претходна два израза узимајући да је $y_1 \ll D$ важе апроксимативни изрази [9]:

$$\sin\theta \approx 1 - \frac{y_1^2}{2D^2}, \tag{4}$$

$$\sin i \approx 1 - \frac{y_0^2}{2D^2}. \tag{5}$$

Одређивањем положаја главног и максимума осветљености првог реда и мерењем растојања од решетке до заклона једноставно се добија однос таласне дужине дифрактоване светлости и константе решетке, што значи да се са познатом вредношћу константе решетке може одредити таласна дужина дифрактоване светлости. Иако ученици могу применити дате формуле, мерити и рачунати потребне величине, сам процес мерења и рачунања величина кроз уочавање ефеката појаве води ка потреби њеног разумевања, а потом и лакше интерпретације садржаја на основу оствареног искуства. Доступност ласера црвене и зелене али и других боја, дозвољава да задатак вежбе буде упоређивање дифракционих слика добијених рефлексионим дифракционим

решеткама, односно експериментална провера формуле за одређене положаје првих максимума осветљености дифракционе слике:

$$\lambda = a\frac{y_1^2 - y_0^2}{2D^2}, \tag{6}$$

која следи из израза (1), (5) и (6), за m=1 [10].

За вредности $m \neq 1$, израз (6) постаје:

$$\lambda = a\frac{y_m^2 - y_0^2}{2D^2}, \tag{7}$$

Експериментом у оквиру кога је, на лењиру са полумилиметарском поделом као рефлексионој дифракционој решетки познате константе, одређена таласна дужина црвене ласерске светлости добијена је вредност, приказана у Табели 1, која одговара декларисаној таласној дужини светлости употребљеног ласера, што оправдава коришћење приручних рефлексионих решетки у настави физике [11].

ТАБЕЛА 1. Таласна дужина црвене светлости

m	D [m]	y_m [m]	y_0 [m]	$a \cdot 10^{-3}$ [m]	λ_m [nm]	λ_{sr} [nm]
1	6,500	0,6310	0,5550	0,5000	525,2	521,8
2		0,6980			530,1	
3		0,7550			516,8	
4		0,8150			522,1	
5		0,8620			515,0	

ЗАКЉУЧАК

Водећи се постављеним циљевима наставе физике у гимназији, посебну пажњу треба посвећивати лабораторијском раду, те тако у условима недовољне опремљености лабораторија треба пронаћи начина да се планирани садржаји експерименталног рада реализују. У том смислу упутно је разматрати избор и квалитет приручних наставних средстава. Када је реч о изучавању природе светлости планирање наставе може обухватити и приручна наставна средства, попут компакт диска или лењира са милиметарском или полумилиметарском поделом, који су једноставни за употребу током лабораторијских вежби а уједно поуздани када су у питању дифракционе слике које се помоћу њих остварују. Осим повећања степена мотивације за рад и остварења принципа очигледности коришћењем лењира са полумилиметраском поделом, као рефлексионе решетке, у циљу одређивања таласне дужине светлости, остварује се и темељније изучавање таласне оптике, односно појаве дифракције.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Colin, L. Viennot, Usin two models in optics: Students' difficulties and suggestions for teaching, *American Journal of Physics*, **69** S36 (2001).
2. Ambrose, B.S., Heron, P.R.L., Vokos, S., & L.C. McDermott, Student understanding of light as an electromagnetic wave: Relating the formalism to physical phenomena, *American Journal of Physic*s, **67**, 891-898 (1999)
3. D. Heywood, J. Parker, The Pedagogy of Physical Science, *Springer*, 2010.
4. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Fundamentals of physics, 7th Edition, *Wiley*, 2005.

5. C. Palmer, E. Loewen, Diffraction grating handbook, *Richardson Grating Laboratory*, New York, 1996.
6. P. P. Urone, College physics, *Brooks Cole*, Salt Lake City, 2000.
7. И. Круљ, Љ. Нешић, Д. Ђорђевић, Провера закона одбијања светлости коришћењем равног огледала, *Зборник радова са XXVIII Републичког семинара о настави физике*, Београд, (2008)
8. J. L. P. Riberio, Symmetry Breaking : a compact disc reflected in a mirror, *Phys. Educ.* **51**, 063006, (2016).
9. L. Schawlow, Measuring the Wavelength of Light with a Ruler, *American Journal of Physics,* **33**, 922 (1965).
10. D. Nikolić, Lj. Nešić, Determination of surface tension coefficient of liquids by diffraction of light on capillary waves, *European Journal of physics* **33**, 1677-1685 (2012)
11. Д. Радивојевић, Приручна средства као дифракционе решетке у настави физике, *дипломски рад*, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Ниш, 2013.

Експерименталните и нумеричките задачи од меѓународните олимпијади како ефикасни едукативни ресурси во наставата по физика во средното образование

м-р Стојан Манолев

Средно општинско училиште „Гоце Делчев“, Валандово, Македонија

Апстракт. На одередени часови по физика, за да бидат исполнети поставените цели, покрај добриот приод од страна на наставникот неопходни се и одредени едукативни содржини: нумерички задачи, демонстрациони обиди, експериментални задачи и лабораториски вежби. Еден таков неисцрпен ресурс на содржини од посочените видови се меѓународните олимпијади и натпревари. Во трудот се посочени извори на такви задачи и избор на содржини, кои со мала модификација може да придонесат за исполнување на одредени цели од часовите по физика.

Клучни зборови: експериментални задачи, олимпијади, едукација, ресурси.

ВОВЕД

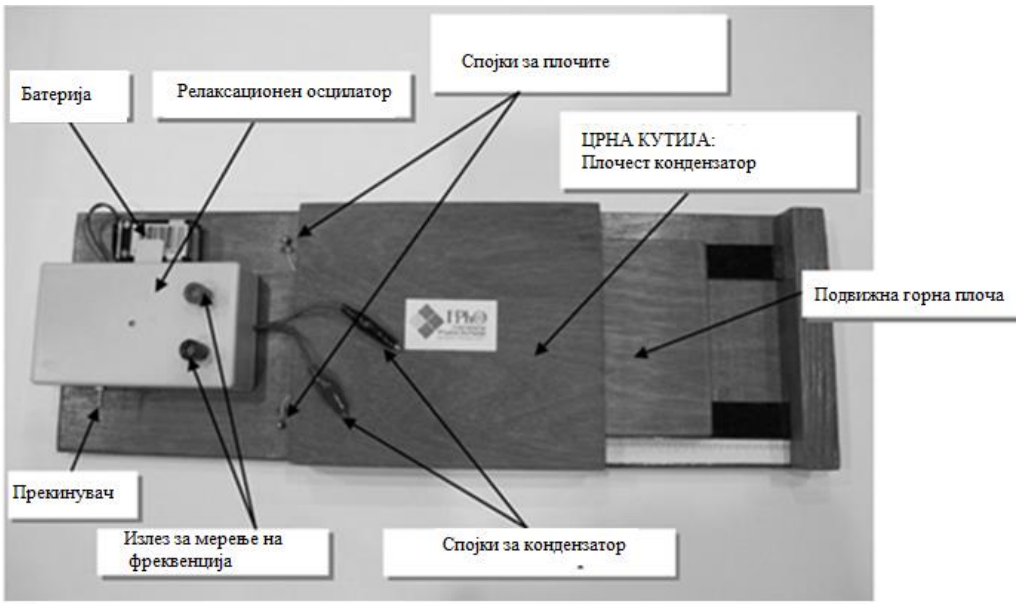
Причина или повод за да го напишам овој труд е отсутноста од практични знаења и вештини кај учениците или примена на теориските знаења за srешавање на практични проблеми во наставата по физика. За тоа зборуваа релативно ниското ниво на знаење на наши ученици од меѓународното истражување PISA. Македонија е рангирана меѓу последните земји по знаење на учениците на 15-годишна возраст, според меѓународното тестирање PISA, реализирано од Организацијата за економска соработка и развој (OECD). Во однос на ова има многу причини, а јас би се задржал само на две: Првата се однесува на финансиските средства издвоени од буџетот на училиштето за нагледни средства воопшто, а во тој контекст и на наставата по физика. Втората причина е недостаток од идеи, пристапи, интересни примери поврзани со теоријата и нивно поставување на одредени делови од наставниот час или на часовите за слободни воннаставни активности.

Истражувајќи низ литературата и електронските ресурси, [5], јас би ги издвоил задачите, како нумеричките така и експерименталните, што се даваат на меѓународните натпревари и олимпијади по физика како едукативен ресурс, кој е многу ефикасен во разобличување на одредена физичка појава, потврда на одредена физичка законитост, практична примена и приближување на изучуваните физички закони до спознанието на учениците.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИТЕ ЗАДАЧИ КАКО РЕСУРСИ

Првиот пример што го презентирам како ресурс е една од експерименталните задачаи од 42 Меѓународната олимпијада по физика одржана Бангкок, Тајланд 2011 година, [1],

односно „Определување на геометриската форма на плочест кондензатор“ (Part 2. Determination of geometrical shape of a parallel plate capacitor). Изгледот на експерименталната постановка со нејзините составни делови е даден на слика 1.

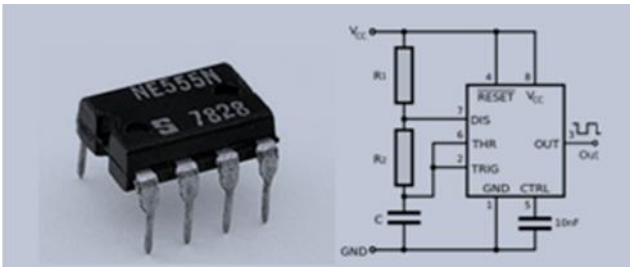


СЛИКА 1. Составни делови на експерименталната постановка.

Карактеристики на експерименталната задача

Од дадената експерименталната задача се искористува релаксациониот осцилатор. Електричната црна кутија претставува паралелен плочест кондензатор со определена форма на плочите, за кои не се знае какви се (кутијата е затворена, „црна“ кутија).

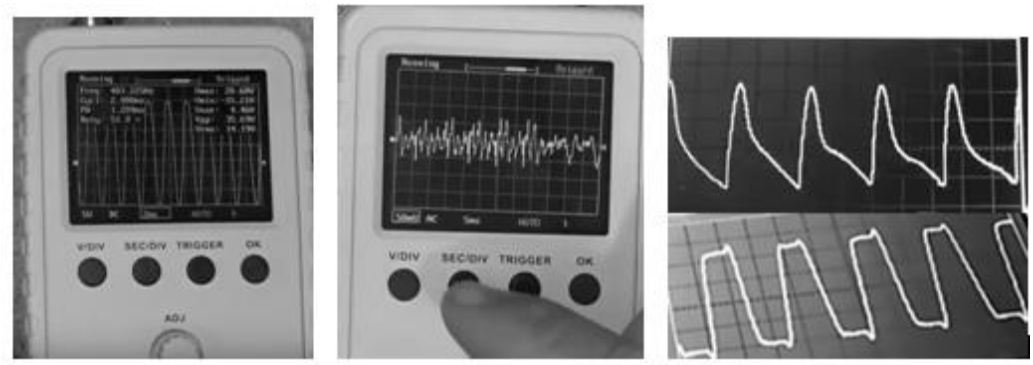
Со поголема љубопитност може да се разоткрие целата структура на експерименталната задача, односно сè да се отвори. Ако се отвори кутијата на релаксациониот осцилатор може да се види следното. Внатре се наоѓа интегралното коло NE555E, слика 2.



СЛИКА 2. Основен дел на релаксационит осцилатор со неговата електрична шема.

Без да се навлегува и истражува каква е формата на кондензаторските плочи, што е едно од барањата на самата експериментална задача, сега во функција на ефикасноста се пренаменува истата задача. Имено и се доделува нова улога на задачата во домашни

услови, така што за излезот на фреквенцијата на осцилаторот се поврзува пиезо слушалка. Со поместување на горната плоча од кондензаторот може да се менува и фреквенцијата која е во чујната област па може и да се регистрира звук со сетилото за слух. Други варијанти на промена на задачата се следните: Наместо плочест кондензатор, истиот може да се отстрани и да се поврзе плочест кондензатор од стар радиоприемник, или кондензатор Лајденска чаша. Со промена на капацитетот од различни видови на кондензатори се генерираат различни звуци. Доколку се поврзе на излезот од овој генератор мал осцилоскоп (слика 3), може да се добијат и различни деформации на формата и фреквенцијата на правоаголните импулси. Така експерименталната задача може да стане една интересна „играчка“ во рацете, како на учениците така и на наставниците, обезбедувајќи максимална сетилна ангажираност на учениците.



СЛИКА 3. Теориски опишаните осцилации практично добиени и регистрирани на минијатурен осцилоскоп.

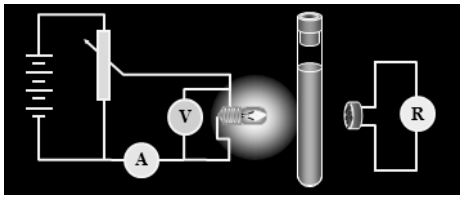
Друг пример на едукативен ресурс е една од експериментлните задачи дадена на 36 Меѓународна олимпијада по физика, одржана во Саламанка (Шпанија) 2005 година. Во неа е опишана процедура за определување на Планковата константа.

Задача: Светлината од светилка со влакно – определување на Планкова константа (Planck`s constant in the light of an incandescent lamp), [1].

Алберт Анштајн ја доразвива идејата на Планк за светлинските кванти, така што вели дека светлината не само што се емитира во вид на кванти туку таа така и се апсорбира [2]. Во оваа експериментална задача е опишана процедура за определување на Планковата константа. Не навлегувајќи во целата постапка за определување на Планковата константа (не е исклучено тоа да се прави на часовите) истата апаратура лесно може да биде искористена за објаснување на други физички својства, како на пример:

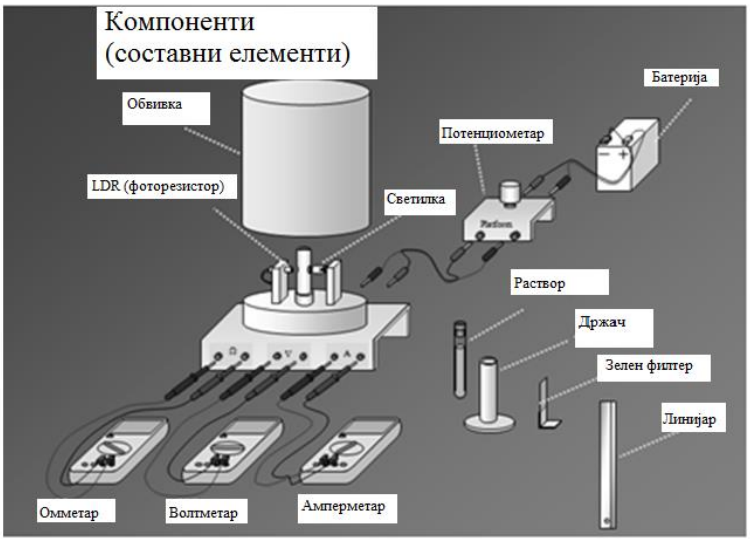
- Својства на фоторезистори;
- Апсорпција на светлината, апсорпциони спектри;
- Изработка на мерните инструменти – фотометри како и нивен принцип на работа и
- Примената на инструментите и на физичките закони кои стануваат повеќе јасни во споредба со предавања без експерименти.

Од посочената задача се искористува автентичната електрична шема, слика 4.



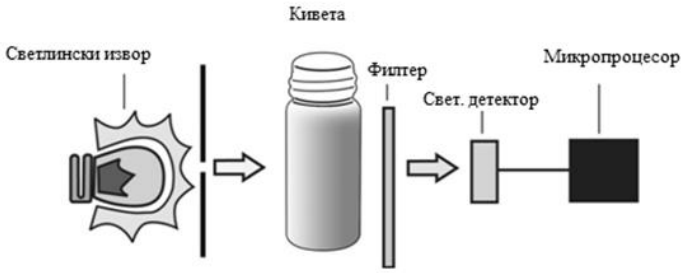
СЛИКА 4. Електрична шема од задачата искористена за испитување на својствата на фоторезисторите.

Илустрација на реалната реализација и техничка изведба е дадена на сликата 5.



СЛИКА 5. Поставеност на потребната апаратура за испитување на зависноста на својствата на фоторезистор од интензитот на светлина и светлинскиот филтер.

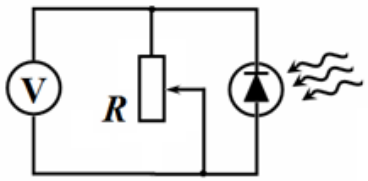
Шемата дадена во самата задача е едноставна за за реализирање, а методски поставената апаратура претставува предизвик за нејзина реализација и конструкција во домашни услови и лесно сфаќање на принципот на работа на мерните инструменти, спектрофотометри, слика 6.



СЛИКА 6. Принцип на работа на фотометар.

Имајќи ги во предвид горе посочените делови од дадената експериментална задача, учениците многу полесно ќе го разберат принципот на работа на мерните инструменти и еден многу практичен вовед во тематската целина поврзана со појавата спектри, природа на светлината, структура на супстанцата, присуство на одредени супстанци во водата за пиење, како нитрати, фосфати, хлор и др.

Како трет пример би ја посочил задачата дадена на 45 Меѓународна олимпијада по физика одржана во Астана, Казахстан 2014 година. Таа е поврзана со испитување на фотодиода (Investigating a photodiode). Шематскиот приказ даден на слика 7 е автентичен со задачата од олимпијадата, [1].



СЛИКА 7. Шематски приказ на елементи за испитување на фотодиода.

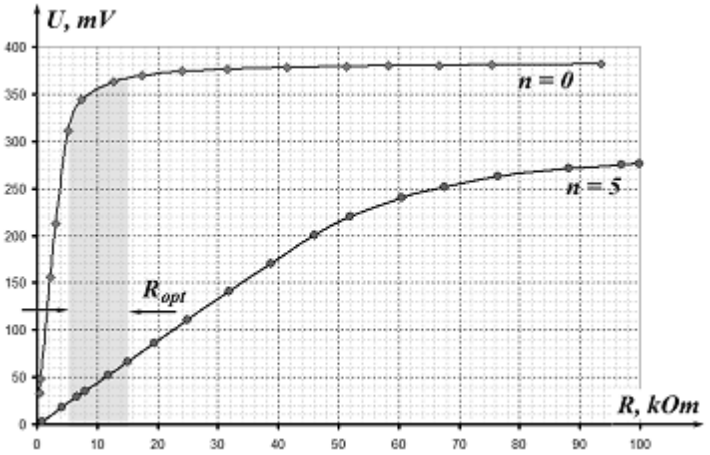
Од текстот на решението на задачата корисно е да се споредат мерењата и резултатите на авторите на задачата, табела1, [1], со сопствените мерења и табеларно претставување на истите, каде со n е означен бројот на поставени филтри.

ТАБЕЛА 1. Резултати од мерења дадени од авторите на задачата како информација за споредување на мерења

$n = 0$		$n = 5$	
R, $10^3\Omega$	U, $10^{-3}V$	R, $10^3\ \Omega$	U, $10^{-3}V$
0,4	33	0,9	3
0,6	48	4,1	18
2,2	156	6,6	29
3,1	213	8,0	35
5,1	311	11,8	52
7,4	344	15,0	66
12,7	363	19,4	86
17,4	370	24,9	111
24,0	374	31,8	141
31,5	376	38,8	170
41,5	378	46,0	200
51,4	379	51,9	220
58,3	380	60,4	240
66,6	380	67,5	252
75,4	381	76,4	263
93,5	382	88,2	271
96,9		275	
99,8		276	

Од табеларниот приказ и решението на задачата од самите автори, може да се види и како треба да изгледа и како да се изработи графикот на зависноста на напонот во

функција од отпорот, график 1, слика 8, [1]. Ваквите информации се полезни во смисла на едно ефикасно водство низ истражуваниот проблем.



СЛИКА 8. Графички приказ на зависноста на напонот од отпорот

Други едукативни ресурси за зголемување на ефикасноста и ефективноста на часовите по физика

Поимот ефективност подразбира барање да се изврши избор на вистинските цели, а потоа со користење на постоечките ресурси, да се реализираат избраните цели, [3].

Поимот ефикасност претставува барање да се реализираат избраните цели, со минимално користење на постоечките ресурси, поточно со нивното рационално користење,[3].

Софискиот клон на физичарите од Бугарија и Регионалното здружение на физичарите од Македонија во последните неколку години организирале пет олимпијади. На олимпијадата се даваат само експериментални задачи. Овие задачи се посебно интересен ресурс за часовите по физика. Нивното користење може да биде како ефективно, така и ефикасно. Секој ученик што учествува на натпреварот бесплатно ја добива целата експериментална постановка во функција на наставата како нагледно средство за кабинетот по физика. И менторот ја добива истата постановка со тоа што и тој има можност во исто време со неговите ученици да ја решава задачата. Решавањето на задачите од страна на менторите дава одлична можност за надградба и усовршување на експерименталните задачи. Текстот на задачите може да се најдат во електронската архива на линкот од библиотеката на Cornell-скиот универзитет: https://arxiv.org. Покрај на англиски јазик, за одредени задачи текстот е преведен и на бугарски, македонски и српски јазик. Голем дел од овие експериментални задачи веќе се дел од кабинетите на повеќе училишта во Бугарија, Босна и Херцеговина, Србија, Македонија, Русија, Грција и Казахстан, односно од земјите кои учествувале на олимпијадите.

Трудовите произлезени од овие олимпијади се објавени во повеќе списанија по физика, [4], објавени на веб страната на Софискиот клон на физичари, [6], и објавени на https://arxiv.org се:

1. Volt-Ampere characteristic of "black box" with a negative resistance**.** Stojan G. Manolev, Vasil G. Yordanov, Nikolay N. Tomchev, Todor M. Mishonov.

2. Measuring the speed of light with electric and magnetic pendulum**.** Vasil G. Yordanov, Vassil N. Gourev, Stojan G. Manolev, Albert M. Varonov, Todor M. Mishonov.

3. Measurement of the Boltzmann constant by Einstein. Problem of the 5-th Experimental Physics Olympiad. Sofia 9 December 2017**,** Todor M. Mishonov, Emil G. Petkov, Aleksander A. Stefanov, Aleksander P. Petkov, Iglika M. Dimitrova, Stojan G. Manolev, Simona I. Ilieva, Albert M. Varonov.

4. Charging of capacitors with double switch. The principle of operation of auto-zero and chopper-stabilized DC amplifiers. Vasil G. Yordanov, Peter V. Peshev, Stojan G. Manolev, Todor M. Mishonov.

5. Measuring Plank constant with colour LEDs and compact disk. Vassil N. Gourev, Stojan G. Manolev, Vasil G. Yordanov, Todor M. Mishonov.

БЛАГОДАРНОСТ

Им изразувам благодарност на проф. д-р Тодор Мишонов и д-р Васил Јорданов од Софискиот клон на физичарите на Бугарија за можноста да дојдам до некои елементи како составни делови на одредени експериментални задачи без кои не би можел да поминам низ искуството на еден наставник експериментатор и на сугестиите за нивно успешно решавање.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://ipho.org/problems-and-solutions.html, Past IPhO Problems and solution (30.01.2018).
2. Н. Андоновска, М. Јоноска, М. Ристова, Физика за III година на реформираното гимназиско образование, 3-издание, Просветно дело, АД, Скопје,2009
3. http://denar.mk/34443/kariera/shto-da-izbereme-efektivnost-ili-efikasnost (30.01.2018);
4. Bulgarian Physics Education, Методология на обучението, Олимпиада по експериментална физика; Условия, Решения, Отзиви, ISSN 1314-8478 2015 Heron press Ltd. стр.3-128;
5. https://www.rpz-rs.org, Ресурси на Интернету за наставнике физике, Милко Бабић, Републички педагошки завод Бања Лука, Подручна канцеларија Бијељина;
6. http://bgphysics.eu/

Радионица – Методе проучавања принудних и пригушених електричних осцилација

Владимир Марковић и Ненад Стевановић

[1]*Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија*

Апстракт. У оквиру ове радионице биће извдене експерименталне вежбе из области електричних осцилација. У колу наизменичне струје, напон на неком елементу кола хармонијски осцилује фреквенцијом извора наизменичне струје. У случају градске мреже, фреквенција износи $50\,\mathrm{Hz}$, што одговара периоду осциловања од s $20\,\mathrm{ms}$. Ове хармонијске осцилације је могуће снимити на савремен начин, употребом рачунара и програмабилних микроконтролерских система - ардуино платформе. Ардуино платформа омогућава мерење напона у веома кратким временским интервалима и приказивање измерених вредности на рачунару, на веома једноставан начин. У оквиру једне вежбе биће извршено снимање принудних наизменичних осцилација. На сличан начин могуће је снимити и пригушене осцилације RLC кола. У оквиру друге вежбе биће снимљене пригушене слободне осцилације RLC кола и биће одређени параметри кола. Поред ове две експерименталне вежбе, биће извршен низ демонстационих огледа sy којима ће се приказати могућности коришћења ардуино платформи у настави физике из разних области. За све експерименте биће приложено детаљно упутство како могу бити реализовани на једноставан и доступан начин у лабораторијама физике средњих школа.

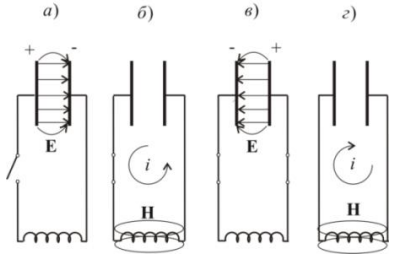
Кључне речи: електричне осцилације, микроконролери.

УВОД

Посматрајмо најједноставније осцилаторно коло које се састоји од везе калема и кондензатора као на слици 1. За постојање осцилација у овом колу, неопходно је имати одређене почетне услове који омогућавају колу да почне да осцилује. Нека је кондензатор, у почетном тренутку, напуњен и садржи извесну количину наелектрисања, слика 1а). Спајањем овако напуњеног кондензатора, преко прекидача, кроз коло почиње да протиче струја. Кондензатор почиње да се празни и јачина његовог електричног поља почиње да се смањује. Електрична струја, која протиче кроз коло, у калему ствара магнетно поље, чија се јачина повећава са временом. После извесног времена, кондензатор ће се у потпуности испразнити и тада ће исчезнути електрично поље. У том тренутку, енергија магнетног поља је максимална и можемо рећи да је дошло до трансформације енергије електричног поља у енергију магнетног поља, слика 1б).

Како се кондензатор испразнио, више неће подржавати протицање струје и како више нема шта да одржава магнетно поље, оно ће почети да слаби. Услед електромоторне силе самоиндукције, почеће да протиче струја у колу. Тако настала екстрастуја самоиндукције ће бити истог смера као и струја која је испразнила кондензатор. Протицањем такве струје кроз коло, кондензатор ће почети изнова да се пуни, али ће имати електрично поље супротног смера. Када магнетно поље исчезне, кондензатор ће имати максималну количину наелектрисања складиштену на облогама, слика 1в). У овом случају можемо рећи да је енергија магнетног поља трасформисана у енергију електричног поља. Све ово

се дешава током прве половине периода осциловања енергије електричног и магнетног поља. Током друге половине периода, на већ описан начин, кондензатор ће се поново испразнити, али је струја супротног смера у односу на њен смер током прве половине периода. Процес стварања магнетног поља се понавља, али су линије индукције магнетног поља супротно умерене. Сада индукована екстра струја пуни кондензатор са поларитетом наелектрисања облога као на самом почетку, слика 1г). На тај начин циклус је затворен и надаље се изнова понавља[1,2,3].



СЛИКА 1. Електричне осцилације RC кола

Овако описане осцилације које се дашавају унутар самог осцилаторног кола, без додатних утицаја из сопљашње средине се називају сопствене електричне осцилације. Осцилаторно коло које се састоји од кондензатора и калема представља идеално осцилаторно коло. У реалности, осцилаторно коло са слике 1 мора бити замењено редном везом кондензатора, калема и отпорника.

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ

Описивање електричних осцилација у реалном осцилаторном колу, захтева постављање одређених претпоставики. Уколико су електрични процеси у колу квазистационарни, можемо сматрати да у сваком тренутку у колу важи Омов закон [2], а за извођење једначине сопствених осцилација, потребно је поћи од другог Кирхофог правила, које каже да алгебарска сума електромоторних сила и напона на појединачним елементима кола мора бити једанака нули. Реални калем се може представити редном везом идеалног калема и отпорника. Напон на кондензатору је $u_C = q/C$, док је на отпорнику $u_R = R \cdot i$. У колу постоји електомоторна сила самоиндукције која се јавља у намотајима калема, $\varepsilon_L = -Ldi/dt$. На основу другог Кирхофовог правила следи да је:

$$u_C + u_R = -L\frac{di}{dt}. \tag{1}$$

Заменом одговарајућих напона и узимањем у обзир да је $i = dq/dt$, добијамо једначину облика $L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$, коју можемо трансформисати, тако што ћемо поделити леву и десну стану са L и увести следеће ознаке, $\alpha = R/2L$ и $\omega_0^2 = 1/LC$ у погоднији израз:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\alpha\frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0. \tag{2}$$

Једначина (2) представља хомогену линиеарну диференцијалну једначину другог реда са константним коефицијентима, за чије решавање је неопходно имати почетне услове:

$$t=0:\ q=q_0,\ \frac{dq}{dt}=0\,. \tag{3}$$

Непригушене осцилације

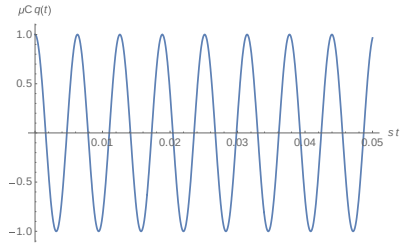
У случају иделаног осцилатороног кола у коме је термогена отпорност једака нули, $R=0$, једначина осцилација поприма једноставнији облик:

$$\frac{d^2q}{dt^2}+\omega_0^2 q=0\,. \tag{4}$$

Ова диференцијална једначина представља једначину хармонијског осцилатора, чије решење су функције хармонијских осцилација, $q=A\cos\omega_0 t+B\sin\omega_0 t$ или $q=C\sin(\omega_0 t+\varphi)$, где су A и B или C и φ константе неодређеност које треба одредити из почетних услова. Физички смисао константи C и φ су амплитуда и почетна фаза осциловања. Полазећи од почетних услова датих једначином (3), добија се:

$$q=q_0\cos\omega_0 t \tag{5}$$

Изглед ових осцилација за коло са елементима $L=1\mathrm{H}$, $C=1\mu\mathrm{F}$, где је на облоге кондензатора доведен напон $u_0=1\mathrm{V}$ је приказан на слици 2. Период ових осцилација износи $T\approx 0.06283\mathrm{s}$.



СЛИКА 2. Непригушене електричне осцилације

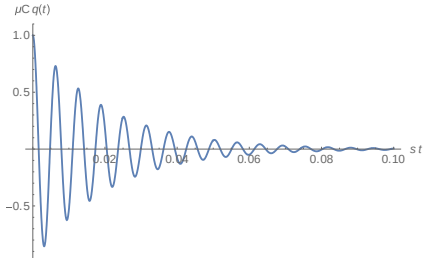
Пригушене осцилације

У случају реалног кола, отпорност кола не може бити једнака нули. Једначина таквих осцилација је дата изразом (2). Ова диференцијална једначина има различита решења у зависности од вредности параметара ω_0 и α , због чега је могуће разликовати три случаја [1]: $1^0.\ \omega_0^2>\alpha^2$; $2^0.\ \omega_0^2<\alpha^2$; $3^0.\ \omega_0^2=\alpha^2$. У првом случају се јављају осцилације, док у другом и трећем случају не постоје [1].

Размотримо први случај, када је $\omega_0^2>\alpha^2$. Решење је у овом случају облика $q=Ae^{-\alpha t}\sin\left(\omega t+\varphi\right)$, где константе A и φ имају исти смисао као и код непригушених осцилација. Кружна учестаност у овом случају је $\omega=\sqrt{\omega_0^2-\alpha^2}$. Ово решење представља једначину пригушених осцилација. За дате почетне услове важи

$$q = q_0 e^{-\alpha t} \cos \omega t \,. \tag{6}$$

Изглед ових осцилација за коло чије су осцилације приказане на слици 2, где је додата отпорност $R = 100\Omega$ је дат на слици 3. Период ових осцилација износи $T \approx 0.06291\text{s}$. Овакве осцилације представљају осцилације чија је кружна учестаност ω, али код којих је амплитуда променљива временом и опада по функцији $q_0 = Ae^{-\alpha t}$, одакле се види да α представља коефицијент слабљења.



СЛИКА 3. Пригушене електричне осцилације

Принудне осцилације

За реална електрична кола је установљено да електричне осцилације трају ограничено дуго. За добијање електричних осцилација које не слабе временом, потребно је у коло увести извесни облик принудне силе, услед чијег дејства ће се осцилације одржавати. Ту улогу има спољашњи извор електромоторне силе у колу. Осциловање система ће у том случају зависити од карактеристика спољашњег извора и карактеристика самог кола. У случају да у колу постоји извор електомоторне силе које се хармонијски мења кружном учестаношћу ω_1, $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega_1 t$, једначина осцилација кола добија облик:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\alpha \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{1}{L} \varepsilon_0 \cos \omega_1 t \,. \tag{7}$$

Решење горње једначине је сума решења хомогеног дела и једно партикуларно решење. Партикуларно решење је могуће наћи на основу слободног члана. Хомогени део се своди на сопствене осцилације, док партикуларно решење треба тражити у облику $q_p = A_1 \cos \omega_1 t + B_1 \sin \omega_1 t$. Опште решење једначине (7) је:

$$q = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega t + \varphi_1) + B \sin(\omega_1 t + \varphi_2) \,. \tag{8}$$

Принудне осцилације представљају сложене осцилације које настају суперпозицијом сопствених осцилација и осцилација индукованих електромоторном силом извора у колу. Како су сопствене осцилације пригушене, оне ће у колу брзо ишчезнути и систем ће наставити да осцилује под дејством спољашњег извора електромоторне силе. Кружна учестаност у колу ће тада бити дефинисана искључиво учестаношћу спољашњег извора [4].

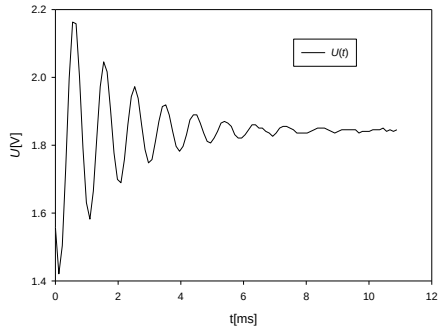
Проучавање електричних осцилација

Како би било могуће показати како изгледају електричне осцилације, потребно је формирати електрично коло које се састоји од калема и кондензатора. Отпорник није потребно додавати у коло, јер је сама отпорност калема довољна да осцилације буду

веома пригушене. Због тога је потребно одабрати калем са што мањом омском отпорношћу, како би осцилације у колу дуже трајале. За посматрање осцилација користићемо микроконтролерски систем са интегрисаним окружењем које омогућава комуникацију са рачунаром и мерење електричних величина, тачније напона. У овој радионици користићемо Ардуино Уно [5] платформу са микроконтролером. Микроконтролер је мали рачунар садржан у једном интегрисаном склопу. Ардуино платформа представља скуп елекронских (Ардуино Уно) и софтверских компоненти (Ардуино окружење), који се могу једноставно повезивати у сложеније целине са циљем израде електронских склопова. Ардуино Уно може читати аналогне или дигиталне улазне сигнале са различитих сензора и претворити га у излаз, као што је активирање мотора, укључивање/искључивање ЛЕД-а, а умрежавањем може бити повезан са многим другим акцијама. Софтвер који се користи за програмирање микроконтролера је отвореног типа. Са овим "Ардуино софтвером" можете да напишете програме које микроконтролер треба да обавља. Ови програми се називају "Скица" (sketch).

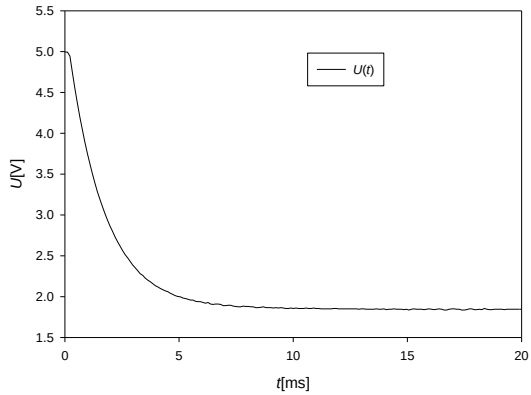
Ардуино УНО има 14 дигиталних улазно/излазних пинова [5]. Ови пинови могу бити конфигурисани да раде као дигитални излази који ће служити за пуњење кондензатора. Ардуино УНО, поред дигиталних, поседује пет аналогних улазних пинова од А0 до А5. Ови пинови могу прочитати сигнал, тј напон, са аналогног сензора и претварити их у дигиталну вредност коју може прочитати микропроцесор. Вредности напона које Ардуино Уно може читати су у опегу од $0-5\,\mathrm{V}$ [5]. Параметре кола и напон извора напајања треба ускладити са овим захтевом. Још једна интересантна чињеница је да се аналогним пиновима на ардуино плочи могу мерити само напони који су позитивни у односу на земљу. То значи да приликом мерења напона који хармонијски осцилује, ардуино плочом можемо мерити само делове осцилација у којима је напон позитиван. На тај начин могу се видети само делови графика који су изнад t осе. Они делови графика испод t осе биће одсечени са графика јер се не могу измерити. Овај проблем се може једноставно решити суперпонирањем додатног напона, U_{const}, једносмерне струје на аналогни пин који служи за мерење напона. На тај начин сигнал који очитавамо је увећан за вредност додатог напона, $u(t)=\frac{q_0}{C}e^{-\alpha t}\cos\omega t+U_{const}$. Другим речима треба обезбедити да се осцилације врше у опсегу напона $0-5\,\mathrm{V}$ око вредности напона U_{const}.

За посматрање осцилација у електричном колу потребно је формирати коло са неопходним елементима. Код сопстевених осцилација потребно је спрегнути калем и кондензатор и мерити напон између ова два елемента. Довољно је напунити кондензатор, откачити га са напајања и пустити систем да осцилује. За калем индуктивности $L=3.7\,\mathrm{H}$, омске отпорности $R=1.4\,\Omega$ и кондензатор капацитета $C=6.5\,\mu\mathrm{F}$ снимљене пригушене осцилације су приказане на слици 4. Кондензатор је напуњен почетном количином наелектрисања, тако што је прикључен на напон од $5\,\mathrm{V}$. Затим је напон откачен са кондензатора и систем пуштен да осцилује. Притом се на на сваких $\Delta t=100\,\mu\mathrm{s}$ врши очитавање напона на кондензатору. Ово време истовремено представља најмању временску резолуцију очитавања напона коју ардуино Уно може да оствари. Описана процедура је контролисана софтверски од стране микропроцесора. Детаљи експерименталне поставке, шема и једноставан софтвер ће бити изложени у оквиру саме радионице.



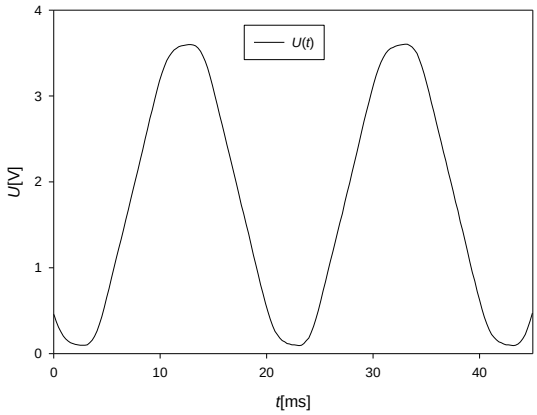
СЛИКА 4. Пригушене електичне осцилације

Оно што нам једноставно омогућава експериментална поставка је демонстрација пражњења кондензатора преко отпорника. Уколико у претходно описаном осцилаторном колу, једноставно изузмемо калем, у колу ће остати само кондензатор и извесна отпорност. На слици 5 је приказана промена напона на кондензатроу који се празни преко отпорника у зависности од времена. Са слике се може наслутити да се ради о експоненцијалном опадању, што ће у оквиру радионице бити квантитативно показано.



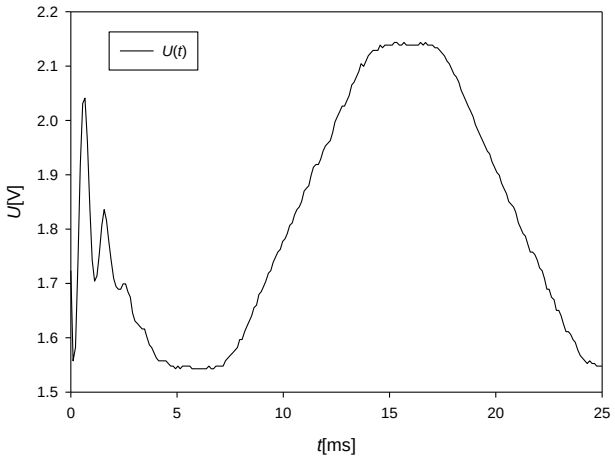
СЛИКА 5. Пражњење кондензатора преко отпорника.

Када су у питању принудне осцилације, њих је могуће демонстрирати тако што у RLC коло редно уведемо извор наизменичног напона. Како ардуино Уно може мерити само позитивне напоне у интервалу од $0-5V$, приликом мерења напона на кондензатру морамо водити рачуна да вредности не изађу из задатог опсега. Како је на аналогни пин суперпониран извор једносмерног напона, он ће подићи вредност равнотежног положаја око којег се врше осцилације. Амплитудне вредности напона кондензатра не смеју бити веће од $2.5V$. Контролисање напона на кондензатору се може вршити променом напона наизменичног извора. На слици 6 приказане су снимљене принудне осцилације.



СЛИКА 6. Принудне наизменичне осцилације

Једна веома интересантна ствар која може бити демонстрирана у оквиру ове радионице су сложене осцилације. Уколико у колу постоји извор просто периодичне променљиве електромоторне силе, а на кондензатор доведемо извесну количину наелектрисања и препустимо такав систем да осцилује, очекујемо сложене осцилације дате једначином (8). У колу ће постојати и принудне и слободне осцилације. Резултантне вредности напона ће у ствари бити сума сопствених и принудних осцилација. Како су сопствене осцилације пригушене, брзо ће нестати и у колу ће надаље постојати искључиво принудне осцилације. То се може јасно видети на слици 7, на којој су приказане снимљене сложене осцилације.



СЛИКА 7. Сложене електричне осцилације

ЗАКЉУЧАК

У оквиру ове радионице биће представљена експериментална апаратура која омогућава проучавање електричних осцилација. Учесници радионице ће бити у могућности да квантитативно одреде пареметре кола, учестаност осцилација, фактор пригушења и остале релевантне величине. Све ово ће бити омогућено аквизицијом прикупљених експерименталних података путем рачунара. У оквиру радионице биће презентоване неопходне информације о електронским компонентама неопходним за израду експерименталне апаратуре и презентоваће се програм, тј „скица“ на основу које микроконтролер врши аквизицију података.

ЗАХВАЛНИЦА

Израда овог рада је подржана од стране пројекта министарства $N_0 171021$.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Fujimoto, Physics of Classical Electromagnetism, New York, Springer, 2007.
2. С. Г. Калашњиков, Електричне осцилације и таласи (превод: В. Бабовић), Москва, Наука, 1977.
3. Д. М. Ивановић и В.М.Вучић, Физика II, Београд, Научна књига, 1980.
4. В. Цвјетковић, И. Живић, В. Бабовић, Опити из електромагнетизма и оптике, ПМФ, Крагујевац, 1993.
5. Портал ардуино платформе: URL: www.arduino.cc (01.02.2018).

Различити приступи визуализирању суперпозиције таласа у средњошколској настави таласне оптике

Vanes Mešić[1], Nataša Erceg[2]

[1]*Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*
[2]*Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Republika Hrvatska*

Apstrakt. Rezultati ranijih edukacijskih istraživanja pokazuju da srednjoškolci, ali i studenti viših godina studija fizike, često ne uspijevaju razviti zadovoljavajući nivo razumijevanja talasne optike. U ovom radu opisane su ustaljene učeničke i studentske miskoncepcije o temeljnim pojmovima talasne optike i razmotreni su mogući uzroci tih miskoncepcija. Zatim je prodiskutirana veza između razvijanja konceptualnog razumijevanja fizike i korištenja eksternih vizualizacija prilikom poučavanja i učenja fizike. Na osnovu te diskusije izvedeni su odgovarajući zaključci o kriterijima za odabir vizualizacija u srednjoškolskoj nastavi talasne optike. Posebna pažnja posvećena je usporedbi didaktičkih potencijala različitih pristupa vizualiziranju superpozicije svjetlosnih talasa. Razmotreno je vizualiziranje superpozicije talasa pomoću talasnih fronti, sinusoida, fazorskih dijagrama i sekvenci statičkih slika koje prikazuju stanja oscilovanja interferirajućih svjetlosnih vektora u karakterističnim vremenskim trenucima. Najzad je ukratko predstavljena i eksperimentalna studija koja je uključivala 85 srednjoškolaca iz Travnika (BiH), a provedena je s ciljem usporedbe efekata različitih pristupa vizualiziranju superpozicije talasa na učeničko konceptualno razumijevanje interferencije i difrakcije svjetlosti. Grupa učenika koja je učila pomoću fazora ostvarila je najbolje rezultate na posttestu što navodi na zaključak o svrsishodnosti korištenja fazorskih dijagrama u srednjoškolskoj nastavi talasne optike.

Ključne riječi: talasna optika, učeničke miskoncepcije, vizualizacije u nastavi fizike.

UVOD

Sukladno preporukama Njemačkog društva fizičara iz 2016. godine, prilikom kreiranja srednjoškolskog kurikuluma fizike treba uzeti u obzir značaj razvijanja razumijevanja o bazičnim konceptima fizike pri čemu se pod bazičnim konceptima podrazumijevaju koncepti materije, interakcije, energije i talasa [1]. Jedna od nastavnih tema u okviru koje se obrađuje koncept talasa je talasna optika. Razumijevanje talasne optike preduslov je za efektivno učenje fizike čvrstog stanja i kvantne mehanike [2,3], a također je bitno i za bolje shvatanje određenih modernih tehnologija (npr. holografija) i pojava iz svakodnevnice (npr. boje na mjehurićima sapunice).

Međutim, rezultati istraživanja provedenih u Sjedinjenim Američkim Državama pokazuju da i najuspješniji studenti fizike ispoljavaju značajne poteškoće prilikom pokušaja rješavanja konceptualnih zadataka iz talasne optike [3-5]. Kada je u pitanju Bosna i Hercgovina, anketiranja gimnazijskih nastavnika, ali i iskustva proizašla iz takmičenja iz fizike za srednjoškolce, pokazuju da se talasna optika kako među nastavnicima tako i među učenicima percipira kao jedna od najzahtijevnijih tema srednjoškolske nastave fizike.

Visok nivo zahtijevnosti talasne optike dijelom se može objasniti samom intrinzičnom kompleksnošću pojma talasa, tj. činjenicom da razmišljanje o talasnim pojavama simultano

uključuje kako prostornu tako i vremensku varijablu [6]. Osim toga, mnogi autori ukazuju na problematičnost pretjeranog pojednostavljivanja gradiva talasne optike, te na činjenicu da mnoge miskoncepcije proističu iz učeničkih/studentskih misinterpretacija matematičkih i vizualnih formi predstavljanja talasa [5,7].

Imajući u vidu da je postojanje vizualnih predodžbi o fizikalnim pojavama u samoj srži razvijanja konceptualnog razumijevanja fizike [8], u ovom radu je posebna pažnja posvećena analiziranju didaktičkih potencijala različitih eksternih vizualizacija u nastavi talasne optike. Razmotrene su mogućnosti vizualiziranja superpozicije svjetlosnih talasa pomoću prikaza talasnih fronti, sinusoida, fazorskih dijagrama i sekvence statičkih slika koje prikazuju interferirajuće svjetlosne vektore u karakterističnim vremenskim trenucima. Najzad su ukratko predstavljeni rezultati eksperimentalne studije o eksternim vizualizacijama u srednjoškolskoj nastavi talasne optike, a koji su detaljnije opisani u članku koji je 2016. godine objavljen u časopisu *Physical Review Physics Education Research* [9].

TEORIJSKA POLAZNA OSNOVA

U okviru *Teorijske polazne osnove* najprije će biti razmotrene ustaljene učeničke i studentske miskoncepcije o interferenciji i difrakciji svjetlosti, a zatim ćemo analizirati kako različite eksterne vizualizacije mogu biti korištene radi ostvarivanja procesa konceptualizacije i konceptualne promjene u nastavi talasne optike.

Učeničke i studentske miskoncepcije u oblasti talasne optike

Jedno od rijetkih istraživanja o konceptualnom razumijevanju talasne optike kod učenika srednjih škola proveo je Watts, pri čemu je došao do zaključka da mnogi učenici ne percipiraju svjetlost kao nešto što može postojati u prostoru čak i kada nije neposredno vizuelno uočljiva [10]. S tim u vezi potrebno je prilikom razmatranja Youngovog eksperimenta eksplicitno isticati da se interferencija dešava ne samo na zaslonu nego i u prostoru između maske sa pukotinama i zaslona.

Do vrijednih zaključaka o razumijevanju talasne optike kod studenata došlo se kroz istraživanja provedena od strane istraživačke grupe sa Univerziteta u Washingtonu. Tako je npr. pokazano da mnogi studenti pristupaju razmišljanju o pojavama talasne optike polazeći od modela geometrijske optike [3]. Naime, prilikom razmatranja difrakcije na jednoj pukotini mnogi studenti su smatrali da proširivanje pukotine rezultira nužno proširivanjem centralne difrakcijske pruge. U nastavi talasne optike preporučivo je identificirati ovu miskoncepciju, te ukazati na ograničenja modela geometrijske optike.

U istom istraživanju pokazano je da studenti često nedovoljno razumiju interferenciju na dvostrukoj pukotini (Youngov eksperiment). Konkretno, mnogi studenti smatrali su da i nakon prekrivanja jedne od pukotina neprovidnim materijalom na zaslonu i dalje možemo uočavati naizmjenične svijetle i tamne pruge. Međutim, istina je da bismo na zaslonu mogli primijetiti samo jednu široku svijetlu prugu. Naime, bitno je istaknuti da se kod Youngovog eksperimenta uzima da je širina pukotina manja od talasne dužine svjetlosti, te da se svaka od pukotina aproksimativno ponaša kao tačkasti izvor svjetlosti. Prekrivanjem jedne od pukotina neprovidnim materijalom dolazimo u situaciju da se zaslon osvjetljava samo svjetlošću koja dolazi od preostalog tačkastog izvora, te samim time na zaslonu ne može doći do stvaranja interferencijske slike neuniformnog intenziteta. Proces koji se u ovom slučaju dešava je difrakcija na jednoj *veoma uskoj pukotini* (širina pukotine a manja od talasne dužine svjetlosti λ) kod koje za lociranje minimuma vrijedi:

$$a \sin \theta_k = k\lambda \,, \tag{1}$$

gdje je *a* širina pukotine, ϑ_k ugao pod kojim se vidi k-ti minimum i λ talasna dužina svjetlosti.

Jasno je da desna strana jednačine (1) za slučaj *veoma uske pukotine* postaje veća od 1, iz čega slijedi da data difrakcijska slika ne sadrži minimume osvijetljenosti.

Kada su u pitanju procesi koji se dešavaju na jednoj pukotini još jedna ustaljena miskoncepcija sastoji se u vjerovanju da su za difrakciju svjetlosti isključivo odgovorni talasi koji potiču od samih rubova pukotine [3]. Studentima koji iskazuju ovu miskoncepciju često nije jasno zašto u slučaju kada je putna razlika talasa koji potiču od rubova pukotina jednaka jednoj talasnoj dužini na zaslonu dobijamo prvi minimum, dok kod Youngovog eksperimenta za putnu razliku od jedne talasne dužine (između talasa koji potiču od dvije pukotine) dobijamo prvi maksimum. U tom smislu bitno je u nastavi konzistentno isticati da u slučaju Youngovog eksperimenta imamo dva (aproksimativno) tačkasta izvora, dok u slučaju difrakcije na *uskoj pukotini* (za koju je $a>\lambda$) imamo kontinuiran niz izvora.

Nastava talasne optike u kojoj je primarni akcent na primjeni formula za lociranje minimuma i maksimuma osvijetljenosti može dovesti do miskoncepcije da je raspodjela inenziteta svjetlosti na zaslonu diskretne prirode, tj. da postoji samo apsolutno konstruktivna i apsolutno destruktivna interferencija [11]. Prevazilaženje ove miskoncepcije možemo olakšati korištenjem eksperimentalne metode, tj. snimanjem relativne raspodjele intenziteta svjetlosti na zaslonu.

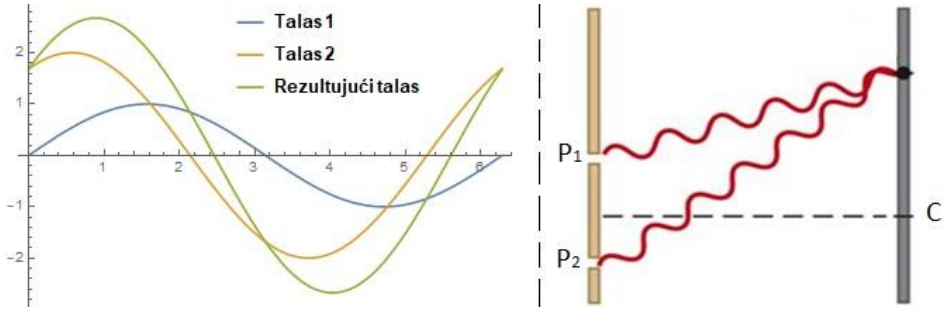
Prema Wosilait *et al* mnoge miskoncepcije o pojavama talasne optike uzrokovane su misinterpretacijom tradicionalnih vizualizacija talasnog kretanja [5]. Naime, mnogi učenici i studenti tipične sinusoidalne prikaze svjetlosnih talasa interpretiraju suviše mehanicistički, percipirajući ih npr. kao trajektorije fotona. Zbog toga mnogi učenici i studenti smatraju da od amplitude svjetlosnog talasa ovisi da li će talas moći proći kroz pukotinu ili ne [3,5].

Vizualiziranje superpozicije svjetlosnih talasa

Efektivne vizualizacije se odlikuju sljedećim svojstvima: a) u prvi plan ističu ključne aspekte pojave b) potiču učenike na izvođenje zaključaka c) premoštavaju između konkretnog i apstraktnog d) reduciraju kognitivno opterećenje [12]. U slučaju talasne optike pomenuti kriteriji svode se na to da vizualizacija: a) u prvi plan ističe informacije o faznoj razlici između talasa b) praktična je po pitanju same procedure sabiranja talasa c) prikazuje superpoziciju talasa pomoću reprezenata koji ne asociraju na mehanicističke predodžbe [9].

Sinusoidalni prikaz

U tradicionalnoj nastavi talasne optike najprisutniji je prikaz superpozicije talasa pomoću sinusoida (v. Slika 1).



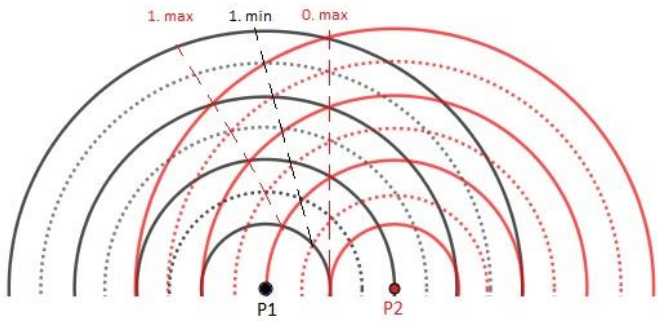
Slika 1. Korištenje sinusoida radi ilustriranja superpozicije dva talasa

Ilustracija iz lijevog dijela slike 1 se obično koristi radi prikazivanja superpozicije talasa u fiksnoj tački prostora, dok se ilustracija iz desnog dijela slike 1 koristi za prikazivanje superpozicije talasa u fiksnom vremenskom trenutku. Prostorni prikaz talasa u fiksnom trenutku može olakšati razvijanje razumijevanja pojma *reda maksimuma/minimuma*. Konkretno, moguće je vizualizirati kako postepenim povećavanjem difrakcionog ugla raste putna razlika između talasa i uslov oscilovanja talasa u fazi/kontrafazi možemo ispuniti više puta.

Potencijalni nedostaci sinusoidalnog prikaza ogledaju se u aktiviranju ranije opisanih mehanicističkih predodžbi, tj. zamišljanja sinusoide kao trajektorije fotona [3,5]. U tom smislu potrebno je u tradicionalnoj nastavi konzistentno isticati da sinusoida prikazuje vrijednosti svjetlosnog vektora, tj. jačine električnog polja u prostoru ili vremenu. Dodatna poteškoća sa sinusoidalnim prikazom odnosi se na činjenicu da je u slučaju proizvoljne fazne razlike i većeg broja talasa relativno zahtijevno zbrajati sinusoide, uslijed čega se često u tradicionalnoj nastavi pribjegava isključivo vizualiziranju apsolutno konstruktivne i apsolutno destruktivne interferencije.

Talasne fronte

Wosilait *et al* preporučuju da se u nastavi talasne optike intenzivnije koristi reprezentacija talasnih fronti [4]. Prikazivanjem superpozicije talasa pomoću talasnih fronti (v. Slika 2) moguće je doprinijeti preveniranju pojave miskoncepcije shodno kojoj se interferencija dešava samo na zaslonu. Osim toga, ovaj prikaz olakšava učenicima da razumiju zašto odmicanjem zaslona od maske sa pukotinama dolazi do međusobnog udaljavanja pruga na zaslonu, te da bolje shvate značenje reda maksimuma i minimuma. Wosilait *et al* predlažu da se sekundarni talasi koji potiču od različitih pukotina crtaju na grafofolijama te da se preklapanjem folija i simuliranjem odmicanja pukotina objašnjava kako rastojanje između pukotina utiče na međeusobnu udaljenost između interferencijskih pruga [4].

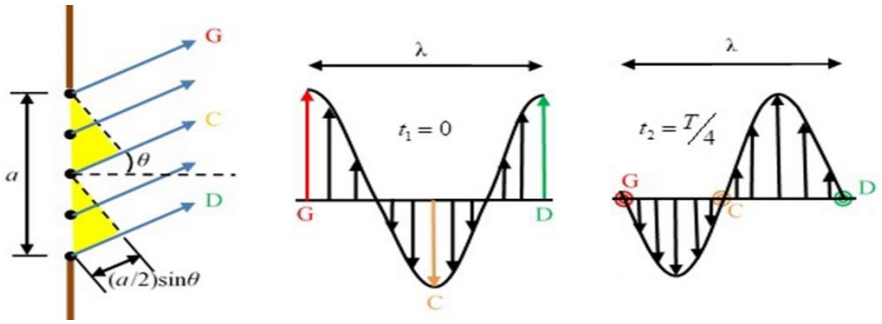


Slika 2. Predstavljanje superpozicije talasa pomoću talasnih fronti

Potencijalni nedostatak reprezentacije talasnih fronti odnosi se na činjenicu da je vizuelno kompleksnija od sinusoidalnih prikaza i postaje nepregledna kod prikazivanja superpozicije većeg broja talasa.

Sekvence interferirajućih svjetlosnih vektora

Keating prilikom objašnjavanja nastanka minimuma kod difrakcije na uskoj pukotini koristi vizualizaciju unutar koje su eksplicitno istaknuti interferirajući svjetlosni vektori [13]. Radi razvijanja zornog modela superpozicije svjetlosti korisno je prikazati interferirajuće svjetlosne vektore u nekoliko karakterističnih vremenskih trenutaka (v. Slika 3).



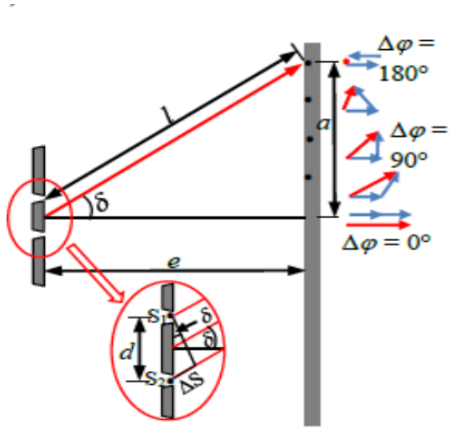
Slika 3. Prikaz interferirajućih svjetlosnih vektora u tački zaslona u kojoj nastaje prvi difrakcijski minimum

Dati prikaz jasno ilustruje da kreiranju difrakcijske slike ravnopravno doprinose sekundarni talasi iz svih tačaka unutar pukotine, te da se prvi minimum upravo dobija kada je putna razlika talasa koji potiču od rubova pukotine jednaka jednoj talasnoj dužini.

Općenito je prednost u odnosu na sinusoidalni prikaz u tome da je jednostavnije zbrajati vektore nego sinusoide. Prikazivanjem interferirajućih svjetlosnih vektora se na jednostavan način može objasniti zašto interferencijske pruge postaju sve uže kada koristimo maske sa sve većim brojem veoma uskih pukotina [9].

Fazorski dijagrami

Pod fazorima se u talasnoj optici podrazumijevaju rotirajući vektori čija dužina odgovara amplitudi svjetlosnog talasa, dok njihova trenutna projekcija na y-osu odgovara trenutnoj vrijednosti svjetlosnog vektora [9, 14]. Superpozicija N talasa se prikazuje unutar fazorskih dijagrama koji sadrže N fazora pri čemu ugao između svaka dva uzastopna fazora odgovara faznoj razlici između odgovarajućih talasa. Amplituda rezultujućeg talasa je u svakom trenutku određena dužinom rezultujućeg fazora, dobijenog grafičkim slaganjem pojedinačnih fazora. Ukoliko posmatramo superpoziciju međusobno koherentnih talasa u jednoj fiksnoj tački prostora uglovi između fazora se ne mijenjaju tokom vremena tako da je za određivanje amplitude rezultujućeg talasa dovoljno vizuelno predstaviti fazore u jednom, proizvoljnom vremenskom trenutku. Zbrajanje vektora relativno je jednostavno u odnosu na zbrajanje sinusoida, što olakšava objašnjavanje kontinuirane raspodjele intenziteta svjetlosti duž zaslona (v. Slika 4). Fazori su naročito pogodni za razmatranje slaganja većeg broja talasa. Pri tome dobijanje prvog minimuma odgovara situaciji u kojoj fazori po prvi put zatvaraju poligon.



Slika 4. Superpozicija svjetlosti u različitim tačkama zaslona kod Youngovog eksperimenta

METODOLOGIJA

Cilj istraživanja bio je da se uporede efekti tri različita pristupa vizualiziranju superpozicije talasa (uobičajeni pristup u kojem dominira sinusoidalni prikaz, sekvence interferirajućih svjetlosnih vektora, fazorski dijagrami) na razumijevanje interferencije i difrakcije svjetlosti kod srednjoškolaca. Uzorak ispitanika činilo je 85 učenika drugog razreda Elči Ibrahim pašine medrese u Travniku (srednja škola u četverogodišnjem trajanju). Učenici su nasumično raspoređeni u tri grupe unutar kojih su praktikovani različiti pristupi vizualiziranju superpozicije talasa [9]. Odnos broja dječaka i djevojčica bio je približno isti u svim grupama, a također se pokazalo da se grupe pred početak tretmana nisu statistički značajno razlikovale kada je u pitanju prosječna ocjena iz fizike, odnosno matematike, na polugodištu. Tretman je za sve grupe trajao 4 časa (opis svjetlosnog talasa i superpozicija talasa; Youngov eksperiment; Difrakcija na jednoj pukotini; Optička rešetka), nakon čega je proveden posttest. Posttest je sadržavao ukupno 19 konceptualnih pitanja i Rasch evaluacijom se pokazalo da ga odlikuju zadovoljavajuće psihometrijske karakteristike [9].

REZULTATI I DISKUSIJA

Pošto je raspodjela posttest skorova u jednoj od grupa značajno odstupala od normalne raspodjele, statistička značajnost međugrupnih razlika na posttestu procijenjena je pomoću Kruskal-Wallis testa. Kruskal-Wallis test je pokazao da je učeničko razumijevanje talasne optike značajno ovisilo o pristupu koji je korišten za vizualiziranje superpozicije talasa: $H(2)=30.4$, $p<0.001$. Dodatne analize su pokazale da su učenici koji su učili sukladno uobičajenom pristupu ostvarili statistički značajno niži skor kako u poređenju sa učenicima iz grupe koja je učila pomoću sekvenci interferirajućih vektora (prilagođeno $p=0.001$, $r=0.50$), tako i u poređenju sa učenicima koji su učili pomoću fazora (prilagođeno $p<0.001$, $r=0.79$). Prosječni procent tačnih odgovora iznosio je 78 % u grupi koja je koristila fazore, 65 % u grupi sa sekvencom interferirajućih vektora, te 36 % u grupi koja je koristila uobičajeni pristup. Jedina podkategorija zadataka na kojoj su učenici koji su učili pomoću fazora bili znatno uspješniji od učenika koji su učili pomoću sekvence interferirajućih vektora bili su zadaci koji su opisivali interferenciju na većem broju pukotina. Interesantno je bilo primijetiti da su sve grupe bile relativno neuspješne

na zadatku koji je zahtijevao razmišljanje o efektima promjene valne dužine svjetlosti na karakteristike interferencijske slike kod optičke rešetke.

Rezultati istraživanja su još jednom ukazali na to da eksterne vizualizacije mogu pospješiti razvoj vizualnih mentalnih modela, te da vizualni mentalni modeli značajno doprinose konceptualnom razumijevanju fizike [8]. Relativna nadmoć grupe koja je učila pomoću fazorskih dijagrama mogla bi se objasniti činjenicom da fazorski dijagrami koncizno prikazuju ključne aspekte superpozicije talasa (amplitude talasa i fazne razlike), te da nude najpraktičniji način za sabiranje većeg broja talasa [9]. Wosilait *et al* ističu da prilikom korištenja fazorskih dijagrama postoji opasnost da učenici miješaju pojmove faznog i difrakcionog ugla, te je zbog toga prilikom korištenja ovog pristupa nužno pažljivo pristupiti uvođenju samog pojma fazora [4,9]

ZAKLJUČAK

Korištenjem fazorskih dijagrama u srednjoškolskoj nastavi talasne optike možemo značajno unaprijediti učeničko konceptualno razumijevanje te oblasti. Fazorski dijagrami naročito mogu pomoći učenicima da shvate promjene do kojih dolazi unutar interferencijske slike kada raste broj pukotina (npr. razlike između interferencijske slike za Youngov eksperiment i optičku rešetku). Međutim, radi razvijanja potpunijeg razumijevanja talasne optike preporučivo je kombinirati raznovrsna vizualna i matematička predstavljanja, uvažavajući pri tome relativne prednosti i nedostatke tih predstavljanja. Tako sinusoidalnim prikazima možemo upotpuniti učeničko razumijevanje pojma reda maksimuma/minimuma, a sekvence interferirajućih vektora nam mogu dodatno olakšati razumijevanje nastanka minimuma kod difrakcije na jednoj uskoj pukotini. Reprezentacija talasnih fronti potencijalno nam pomaže da bolje shvatimo kako udaljenost zaslona od maske sa pukotinama, valna dužina svjetlosti i rastojanje između pukotina utiču na izgled interferencijske slike.

LITERATURA

1. I. Hertel i S. Grossmann, Physik in der Schule: Anlage Basiskonzepte, Bad Honnef, *Deutsche Physikalische Gesellschaft*, 2016.
2. G. L. Rogers, Teaching Physical Optics, *Physics Education*, **3**, 69 (1968).
3. B. S. Ambrose, P. S. Shaffer, R. N. Steinberg i L. C. McDermott, An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference, *American Journal of Physics*, **67**, 146 (1999).
4. K. Wosilait, P. R. Heron, P. S. Shaffer i L. C. McDermott, Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light, *American Journal of Physics*, **67**, S5 (1999).
5. B. S. Ambrose, P. R. L. Heron, S. Vokos i L. C. McDermott, Student understanding of light as an electromagnetic wave: Relating the formalism to physical phenomena, *American Journal of Physics*, **67**, 891 (1999).
6. R. D. Knight, Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching, San Francisco, *Addison-Wesley*, 2004.
7. E. M. Colombo, M. Jaen i L. C. de Cudmani, The concept of coherence of learning physical optics, SPIE Proceedings Vol. 2525, edited by M. J. Soileau (SPIE International Society for Optics and Photonics, Bellingham, WA, 1995), pp. 452–458.
8. I. M. Greca i M. A. Moreira, The kinds of mental representations—models, propositions and images—used by college physics students regarding the concept of field, *International Journal of Science Education*, **19**, 711 (1997).

9. V. Mešić, E. Hajder, K. Neumann i N. Erceg, Comparing different approaches to visualizing light waves: An experimental study on teaching wave optics, *Physical Review Physics Education Research*, **12**, 010135 (2016).
10. M. Watts, Student conceptions of light: A case study, *Physics Education*, **20**, 183 (1985).
11. S. K. Sengoren, How do Turkish high school graduates use the wave theory of light to explain optics phenomena?, *Physics Education*, **45**, 253 (2010).
12. B. S. X. Zou, The use of multiple representations and visualizations in student learning of introductory physics: an example from work and energy, *doktorski rad*, Ohio State University, *ProQuest, 2000*.
13. M. P. Keating, Geometric, Physical, and Visual Optics, Boston, *Butterworth-Heinemann*, 2002.
14. H. D. Young i R. A. Freedman, Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics: Technology Update, Harlow, *Pearson Education*, 2014.

Состојба и перспективи на наставата по физика дизајнирана според преземени и адаптирани наставни програми

Боце Митревски

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Природно-математички факултет, Скопје, Република Македонија

Апстракт. Во трудот е напреавена анализа на сегашната состојба со наставата по физика после преземање на програмите од Меѓународниот центар за испити на Кембриџ. Детектирани се суштински недостатоци во самата програма. Истовремено се укажува на потенцијално позитивни придвижувања во одредени насоки, а за кои се потребни соодветни ресурси и проактивен пристап на наставниците. Сериозен проблем во дадената ситуација претставува големиот расчекор меѓу програмите по физика во основното и средното образование. Перспективите се во изработка на соодветни наставни програми наменети за македонскиот образовен систем со користење на позитивни искуства од други земји и прифаќање на современите трендови во образованието по природни науки.

Клучни зборови: наставна програма, Кембриџ, состојба, перспективи.

УВОД

Во основното и средното образованието во Република Мекедонија во последните десет години се случуваа чести промени. Показател за тоа се честите измени и дополнувања во соодветните закони што ја регулираат оваа дејност. Од учебната 2007/2008 година основното образование трае девет години (деветгодшно основно образование), од учебната 2008/2009 средното образование е задолжително, а од 2013 година почна да се спроведува екстерно проверување на постигањата на учениците во основното и средното образование. Поврзано со образованието по физика и пошироко со образованието по природни науки и математика се измените во наставниот план за основно образование и воведувањето на нови наставни програми, преземени од наставните програми на Cambridge International Examinations, односно проект популарно познат како „Кембриџ“.

Подоцна, по четири години спроведено екстерно проверување на постигањата, во јуни 2017 година тој начин на проверување е укинат. Во исто време, одложена е примената на проектот „Кембриџ“ кој според динамиката на промените, од учебната 2017/2018 требаше да почне да се реализира во средно образование.

Понатамошното излагање во трудот е поврзано со проектот „Кембриџ“, кој од самиот почеток отвори многу прашања. Проектот, оспоруван од многу поединци и различни групи, предизвика многу неформални дебати и дискусии, но малку формални собири за дебати и уште помалку релевантни студии или истражувања за самиот проект и промените поврзани со негова реализација во последните три години. Исто така, во понатамошното излагање почесто ќе се користи терминот природни науки наместо физика, бидејќи

промените поврзани со новите наставни програми се однесуваат на природните науки и математика.

Меѓународниот центар за испити на Кембриџ (Cambridge International Examinations) е дел од Cambridge Assessment, Оддел на Кембриџ универзитетот. Центарот подготвува меѓународни наставни програми и нуди квалификации за ученици на возраст од 5 до 19 години. Центарот е вклучен во образовниот дел на повеќе од 10000 училишта во светот и има партнерска соработка со владите на повеќе од 30 земји. Низ разни форми на активности, услугите на центарот ги користат наставници во повеќе од 160 земји [1].

ОБРАЗОВАНИЕ ПО ПРИРОДНИ НАУКИ И МАТЕМАТИКА

Од првите децени на дваесетиот век, од идеите на Џјуи, преку лансирањето на Спутник па до денес, природните науки и математиката добивале на значење и се вградени во јадрото на наставните планови. Научните истражувања и развојот на технологијата го подржуваат ова тврдење, а проекциите за иднина исто така го нагласуваат значењето на овие науки. Пример, воопшто не е случајно природните науки да бидат често пати предмет на истражувања во меѓународните судии. Нивното вклучување се базира на ставот дека знаењата од природни науки и математика се суштински значајни за високоразвиено општество. Во извештајот на Европската комисија-сектор за образование и култура издвоени се шеснаесет показатели кои го одредуваат квалитетот на образованието [2]. Покрај другите, во нив влегуваат и постигањата на учениците по природните науки.

На часовите по предметите на кои се изучуваат природни науки, било во одделенска или предметна настава, во основно или средно образование, наставникот има неограничени можности да им овозможи на учениците сетилно спознание на природата, да ја поттикне нивната љубопитност, да ги воведе во научниот метод, да ги мотивира и да решаваат проблеми. На учениците им се отвора можност да набљудуваат, истражуваат и експериментираат, било во лабораторија или во природа, да се восхитуваат, дискутираат, аргументираат, да се изразуваат вербално, писмено или мануелно. Ваквите активности практично се извор на бесконечни можности ученикот да прави селекција на релевантни информации, да препознава и дефинира проблем, поставува и проверува хипотези, изведува заклучок и носи одлуки. Исто така, отворен е патот ученикот да поставува прашања, критички да чита и критички да слуша, да се сомнева, да покаже креативност, да врши проценка и вреднување [3].

Неформалните дискусии околу проектот „Кембриџ“ во македонскиот образовен систем најчесто се водени во политички или стручен контекст. Со оглед на фактот дека стручната јавност не е консултирана во врска со идејата за „Кембриџ“, на целиот проект може да му се припише политичка димензија и да се поврзе со моќта, популизмот и парите. Изоставањето на стручната јавност од идејата и концептот за проектот само ја потврдува тенденцијата, надмоќноста на објектот над субјектот да биде целосна.

Можеби во позадина на целиот проект се идеолошки, политички или комерцијални интереси? Или пак, можеби овој проект е само дел од процесот на глобализација? Тоа се тези, кои во македонскиот образовен систем не се истражени. Но без оглед на тоа, кои субјекти која теза застапуваат и дали тоа води кон некаков заклучок, научниот пристап е неминивен за утврдување на вистината.

Ако се земе предвид дека досега, само за неколку педагошки иновации или подобрувања било утврдено дека даваат позитивни ефекти [4], тогаш процесот на тивко воведување на проектот „Кембриџ“ остава сомнежи за вистинската цел на проектот.

Образовни стандарди за природните науки

Заради комплетност, наставата мора да се анализира сеопфатно и целосно. Занемарување и издвојување на било кој сегмент води кон редуцирани заклучоци со краткотраен век. Тешко може да се зборува сериозно за јасно диференцирани цели во наставата, ако истовремено не се навестуваат, истражуваат или откриваат и патиштата за нивно остварување. Поливалентноста на наставниот процес не само што не го дозволува ваквиот пристап, туку ако тој се практикува, наставата може да ја изгуби својата основна функција [5].

Во последните декади, реформата на образованието во повеќе земји се базираше на моќна и рационална стратегија која се сведува на образовни стандарди и одговорност. Насоките беа кон поставување на високи стандарди за севкупните активности и резултатите што се очекуваат, да се определат јасни показатели за мерење на прогресот кон постигање на стандардите, а истовремено секој субјект да има одговорност во своето поле на работа [6]. Но, мисијата на наставниците е специфична и таа надминува многу норми и стандарди. Интелектуалните активности и педагошката професија не секогаш може да се сведуваат на бројки, да се нормираат или стандардизираат. Затоа, креаторите на образовната политика треба да гледаат пошироко на поимот образовни стандарди и истите не треба да се изедначуваат со стандардите на постигања. Промените во образованието по природни науки треба да опфатат широк спектар на подрачја за интервенции, како поучувањето и учењето, професионалниот развој на наставниците, наставните планови, наставните програми и учебниците, материјалната опременост на училиштата и кабинетите, проверувањето и оценувањето, и управувањето односно политиката со образованието и образовниот систем.

Поради специфичностите на природните науки, поучувањето и учењето нужно треба да се базираат на принципот за активност при изучувањето на природните науки. Класичната настава која се базира на застарена концепција ги покажа сите свои недостатоци. Предавање лекции, вербално пренесување на готови знаења и слепо реализирање на обемна наставна програма се суштински пречки за активно вклучување на ученикот во наставата. Пример, образовните стандарди за поучување и учење на природните науки бараат современа настава која подразбира [3]:

- ученикот и неговите активности да бидат во центарот на случувањата;
- современите методи во наставата да бидат доминантни;
- конструктивистички приод, концептуални знаења и концептуални промени во поучувањето и учењето;
- флексибилна наставна програма која вклучува задолжителен дел.

ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ПРИРОДНИ НАУКИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Ако застапуваме умерен приод, тогаш преземењето на наставните програми по математика и природни науки од Кембриџ може да се сфати како дел од концептот за глобализација. Глобалниот приод кон образованието подржува процеси што ќе водат кон ублажување на разликите во образованието меѓу државите, воспоставување стабилен развој во насока на висок професионализам, благосостојба, праведност и демократија. Сепак, промените во образовниот систем со преземање на наставните програми и учебниците не дадоа индикативни податоци или надеж за позитивен исчекор кон овие процеси, а особено не кон ублажување на разликите во образованието меѓу државите и висок професионализам.

Најизразени позитивни ефекти беа најавувани од главните карактеристики на понудените програми: спирален модел на наставна програма, научно истражување и решавање проблеми. Но, после три години имплементирање во пракса, проектот ги покажа сите свои недостатоци. Всушност, се покажа дека без спроведување на соодветни подготовки проектот ја губи смислата. Не беа подготвени ниту училиштата, ниту наставниот кадар.

Во однос на претходните учебници по физика, содржините во новите учебници по физика за осмо и девето одделение се значително редуцирани. Намален е бројот на нови поими по наставна единица, бројот на опфатени математички изрази (формули) по наставна единица, а соодветно на тоа и бројот на квантитативи задачи. Во основа, ова намалување на математичките формулации на физичките односи и закони не ја поддржува идејата за поголема застапеност на решавањето проблеми во наставата по физика.

Не може да се каже дека претходните учебници по физика за основно образование биле без недостатоци, промашувања и пропусти [7]. Како пример, во учебник по физика за осмо одделение, во една наставна единица опфатена на пет страници се воведуваат осумнаесет нови поими. Или во истиот учебник, постои наставна единица која е напишана на девет страници. Ваквите показатели ги оправдуваат промените во наставните програми, но не даваат ексклузивно право за преземање туѓи наставни програми, а уште помалку и учебници.

Редуцирањето на наставните содржини остава доволно време за научно истражување за време на редовната настава. Но, несоодветната и недоволната опременост на училиштата со инфраструктура и наставни средства, а дополнително и недоволната подготвеност и мотивираност на наставниот кадар за реализирање на активности кои ќе водат кон научно истражување, оставија простор за зачестени и гласни критики околу ефикасноста на проектот, и навраќање на почетното прашање „зошто стручната јавност не беше консултирана пред воведување на проектот“.

ПЕРСПЕКТИВИ НА ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ПРИРОДНИ НАУКИ

Основното образование има особено значење за општествениот развој и развојот на учениците бидејќи покрива подолг временски интервал во споредба со другите степени на образование, во него се вклучува целата популација, претставува основа за понатамошно учење и се совпаѓа со периодот на најинтензивен развој на психичките функции кога ефектите од учењето се најизразени. Квалитетот на основното образование влијае врз средното и високото образование и во голема мера го одредува степенот на образованост на индивидуата и општествената заедница. Од тој аспект, преземените и адаптирани наставни програми внесоа позитивни промени во смисла на обезбедување континуитет во изучувањето на природните науки. Според новиот наставен план за основното образование кој исто така е донесен согласно промените, природните науки се изучуваат од прво до шесто одделение, во седмо одделение се изучува наставниот предмет биологија, а во осмо и деветто одделение предметите физика, хемија и биологија.

Каде се надежите за образованието по природни науки, после овој образовен експеримент кој е прекинат и кој по многу атрибути се смета за контроверзен?

Прифаќањето на западното влијание е во согласност со политиката за приклучување на Република Македонија кон Европската Унија. Пример, мал сегмент од тоа позитивно влијание е прифаќањето на поимот природонаучна писменост, поим воведен преку

студиите TIMSS и PISA. Учеството на нашата земја во тие студии е исто така позитивен исчекор кон прашањето за утврдување на клучни показатели за нашето образование во светски рамки.

Светот во кој ќе живеат нашите ученици се менува многу побрзо од нашите училишта. Новото сознајно општество, општество базирано на знаења и способности, бара нова образовна парадигма. Тоа го отфрла концептот за сестрано развиена личност, а го прифаќа концептот за образование ориентирано кон личноста, образование ноасочено кон професионализам и доживотно учење. Развој на човечките потенцијали и реорганизација на поучувањето и учењето во училиштата се неопходни услови за постепен исчекор кон промените што ги очекуваме. Затоа неформалното образование на наставниците, како и доживотното учење се исто толку важни колку и нивното формално образование.

Перспективите на образованието по природни науки во Република Македонија, вклучително и образованието по физика се во зачувување на вредностите создавани и чувани со децении, вреднување и примена на резултатите од истражувањата во образованието, преземање на постепени, обмислени и издржани реформски зафати одобрени од стручната јавност, водени јавно, наместо одобрени низ јавна расправа. Конкретно, преку соодветни препораки може да очекуваме поквалитетно образование на нашите идни генерации. Некои од тие препораки, дадени низ суштински идеи се:

- Да се одржи континуитетот во изучување на природните науки во основното образование, а во седмо одделение исто така да се воведе предмет природни науки.
- Воведување на флексибилни наставни програми и учебници кои ќе вклучуваат додатни содржини за учениците со добри постигања, а ќе бидат незадолжителен дел за учениците со послаби постигања.
- На учебникот треба да се гледа како на културно добро. Учебниците да нудат минимум факти, максимум идеи и секоја наставна единица да содржи неколку прашања со „оптимална ентропија“.
- Наместо ограничување на моќта на учебникот, поттикнување на критичко читање. Наместо бариери меѓу ученикот и учењето, вертикално поврзување на содржините. Наместо бесплатни учебници, слобода во учењето.
  Наместо популизам, хармонизирање на средината за учење.
- Наставниците да се ослободат од непотребните административни обврски, а да се задолжат со суштински професионален развој преку нивна подршка и учество на конференции, семинари, работилници, обуки и кампови со конкретни чекори за нивна внатрешна и надворешна мотивација.
- Суштинска професионална поддршка на наставниците во однос на метакогнитивните стратегии за учење, со цел тие подоцна да воспитуваат и образуваат метакогнитивно софистицирани ученици свесни за важноста на помот „когнитивна економија“.
- Поттикнување кон прагматично спроведување на воспитната цел на училиштата. Секој наставник, преку конкретни активности за реализирање на наставните цели влијае врз етичката димензија на улогата на училиштето и презема обврска, наместо етички неписмени да создава ученици свесни за моралната одговорност и хуманистичките вредности.
- Содржините поврзани со заштита на животната средина и еколошкото воспитување треба да се базирани на природонаучните сознанија, а не на еколошки идеализам и притоа сето тоа да се сведе на емоции.

ЗАКЛУЧОК

Нагли свртувања за кратко време, избрзани предлози понудени од идеолошки причини, лоша реализација на големи проекти, се само дел од причините за лошата состојба на образованието по природни науки во Република Македонија. Училиштата и училишната организација продолжуваат по курсот на одржување континуитет и стабилност, пат кој води кон статус кво.

Особено изразени се промените настанати со реализација на проектот „Кембриџ“. За сега, проектот е запрен и не се спроведува во средните училишта, а неизвесна е неговата иднина во основното образование. Отсуството на консензус во креирањето на политиката во образованието остава трајни последици по учениците, системот и општеството.

Кратката, но не и конечна листа на препораки ги дава клучните насоки за суштински промени во образованието. Конкретизирањето на овие насоки и соодветните чекори за реализација на препораките е можно само со претходно спроведени студии, релевантни статистички показатели и резултати од релевантни истражувања. Не помалку важни се: ставот на наставниците, нивната улога во реформите, потоа вклучување и консултации на стручни лица, експерти и научници. Секој обид за јавна расправа, за сериозни прашања кои јавноста ги третира површно остава сомнеж за бегање од рационалност.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.cambridgeinternational.org/about-us/what-we-do/ (28.1.2018)
2. European Commission, European report on the quality of school education: sixteen quality indicators, *Office for Official Publication of the European Communities*, Luxemburg, 2001.
3. Б. Митревски, Државни образовни стандарди по природните науки во основното образование во Република Македонија со акцент на образованието по физика, *магистерска работа*, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Природно-математички факултет, Скопје, 2006.
4. J. Gaffney at. all, Scaling up education reform, *Journal of College Science Teaching*, **37**(5), 48-53 (2008).
5. С. Адамчевска, Оценувањето како сегмент на професионалното образование на идните наставници, Зборник на трудови од меѓународен симпозиум: Оценување на постигањата на учениците, Биро за развој на образованието, Скопје, 2001.
6. M. Kanstoroomand C. Finn, Better teachers, better schools, *The Thomas B. Fordham Foundation*, Washington DC, 1999.
7. O. Zajkov, S. G. Zajkova, B. Mitrevski, Textbook-Caused Misconceptions, Inconsistencies, and Experimental Safety Risks of a Grade 8 Physics Textbook, *Int J of Sci and Math Educ*, **15**(5), pp.837-852, (2017).

Greške fizičkih merenja u srednjoj školi

Mićo M. Mitrović, Branislava M. Misailović, Biljana Z. Maksimović i Andrijana A. Žekić

Univerzitet u Beogradu – Fizički fakultet, Studentski trg 16, P. fah Beograd

Apstrakt. U radu je prikazan je pravilan način procene i zapisa grešaka merenja i ukazano na najčešće greške koje čine učenici i nastavnici pri izvođenju eksperimenata i proceni i zapisu grešaka merenja. Dati su i primeri pravilnih postupaka merenja, smanjivanja grešaka merenja i obrade njihovih rezultata za eksperimente izvedene u srednjoškolskim ili takmičarskim uslovima.

Ključne reči: greške merenja, značajne cifre, zapis brojnih vrednosti.

UVOD

Rezultat svakog merenja je ograničene tačnosti. Apsolutna greška rezultata merenja je procenjena neizvesnost u njegovoj tačnosti. Metode procene apsolutne greške zavise od toga da li se radi o direktnom ili indirektnom merenju. Kod direktnih merenja koja se vrše dovoljan broj puta da se mogu primeniti statističke metode obrade rezultata (najčešće dovoljno više od 30 merenja) apsolutna greška se izražava preko standardne devijacije normalne distribucije rezultata merenja. Pri tome se najčešće uzima tako da bude određena verovatnoća dobijanja rezultata merenja u okviru procenjene greške.

Sve ove procene grešaka se odnose na slučajne greške, koje su posledica nesavršenosti mernih instrumenata i ljudskih čula, načina merenja i prirode merene veličine, tj. podrazumeva se da su grube greške eliminisane, i da je izvršena korekcija merenja na sistematske greške, ako postoje. U tom slučaju se disperzija rezultata merenja može opisati normalnom raspodelom.

U ovom radu će biti prikazane različite metode procene grešaka merenja u srednjoškolskim i takmičarskim uslovima. Biće navedeni i ispravni načini zapisa rezultata merenja. Posebno će biti istaknute greške koje najčešće čine učenici i nastavnici prilikom izvođenja eksperimenata, proceni i zapisu rezultata merenja.

Poseban značaj u prikazu brojnih vrednosti fizičkih veličina imaju takozvane značajne cifre. Poznato je da kod rezultata merenja one imaju isti red veličine kao apsolutne greške. Ređe se u literaturi sreću, ali se sve više na njihovom značaju insistira na međunarodnim olimpijadama, čak i za osnovne škole. Zbog toga će posebna pažnja biti posvećena pravilnom zapisu rezultata izračunavanja vrednosti fizičkih veličina u teorijskim zadacima.

PROCENA GREŠAKA MERENJA

Apsolutna greška je procenjena neizvesnost u rezultatu merenja izražena u delovima merene fizičke veličine. Važno je primetiti da se apsolutna greška ne određuje, nego procenjuje. Način procene apsolutne greške nije proizvoljan, postoji nekoliko dozvoljenih načina njene procene. U nastavku ćemo navesti načine njene procene koji se najviše koriste kod nas, ali su i najrasprostranjeniji i u ostatku sveta, prema iskustvima sa međunarodnih takmičenja.

Apsolutna greška direktnih merenja

Direktna merenja su merenja kod kojih se vrednost fizičke veličine očitava jednim postupkom direktno sa mernog instrumenta. Na primer, direktno se meri dužina stola metarskom trakom čiji je opseg veći od dužine stola. Merenje iste dužine lenjirom kraćim od dužine stola nije direktno, jer se ne može izvršiti jednim postupkom merenja. Direktna merenja su i merenja električnih veličina multimerom, vremena štopericom, mase vagom itd.

Tačnost mernog instrumenta

Tačnost mernog instrumenta je najmanja vrednost fizičke veličine koja se može pouzdano izmeriti datim instrumentom.

Tačnost mernih instrumenata sa skalom je najčešće jednaka vrednosti najmanjeg podeoka na skali. Ona može biti i manja. Ako je širina podeoka velika, tako da se vrednosti mogu pouzdano čitati i na pola podeoka, kao tačnost se može uzeti vrednost pola podeoka.

Tačnost digitalnih mernih instrumenata je najčešće data u njihovoj tehničkoj dokumentaciji. Ako se istim instrumentom može meriti više veličina koristeći više opsega (muiltimetri), tačnost najčešće zavisi i od veličine i korišćenog opsega. Tačnost ovih instrumenata ne može biti manja od koraka poslednje cifre na displeju.

Kod direktnih merenja se razlikuju merenja koja ne treba ponavljati više puta i ona koja treba ponavljati više puta.

Direktna merenja koja se ne ponavljaju više puta

Direktna merenja koja se ne ponavljaju više puta. To su merenja čije ponavljanje nema smisla. Na primer, nema smisla više puta meriti metarskom trakom dužinu igle, dužinu prave žice učvršćene na dva kraja, olovke i slično.

Kod ovakvih merenja je apsolutna greška jednaka tačnosti mernog instrumenta.

Česta greška. Znajući da se u većini slučajeva merenja ponavljaju više puta i da se najčešće pojedinačni rezultati razlikuju, učenici za izmerenu dužinu niti navode tri različite vrednosti (pored pročitane malo veću i malo manju). To bi značilo,na primer, da dva puta zatvore i otvore oči, i dobiju različite vrednosti, ili da ne znaju pravilno postaviti oči pri očitavanju, pa uzimaju tri vrednosti pročitane za tri položaja očiju (ako postoji paralaksa).

Primer. Pri merenju promene dužine gumice delovanjem sile koja je isteže nije korektno meriti tri puta svaku dužinu, a da se u međuvremenu ne menjaju uslovi merenja (npr. ne menja sila istezanja). Ispravno je meriti tri puta tako što se nakon svakog merenja gumica vrati u neistegnuto stanje, pa se još dva puta isteže jednakom silom Ili istezati gumicu svim željenim silama, od najmanje do najveće, vraćati je u nedeformisano stanje i ponoviti postupak još dva puta.

Direktna merenja koja se ponavljaju više puta

Direktna merenja koja se ponavljaju više puta su merenja čiji se rezultati mogu razlikovati prilikom ponavljanja merenja kao posledica slučajnih grešaka. Ovakva merenja je najčešće poželjno vršiti što je moguće veći broj puta. U tom slučaju je poželjno izvršiti preko 30 merenja da bi se mogle primeniti statističke metode obrade rezultata merenja.

U školskim i takmičarskim uslovima ovakva merenja se ponavljaju 3-5 puta (dovoljno 3). Procena apsolutne greške u ovakvim slučajevima je dosta gruba i ne garantuje nikakvu verovatnoću da rezultat ponovljenog merenja bude u intervalu procenjene greške.

Kod nas i u većini sveta se apsolutna greška procenjuje iz maksimalnog odstupanja mernih rezultata od srednje vrednosti.

Apsolutna greška je jednaka apsolutnoj vrednosti najvećeg odstupanja pojedinačnih izmerenih vrednosti od srednje vrednosti ako je ovo odstupanje veće od tačnosti mernog instrumenta. Ako je od njega manje, apsolutna greška je jednaka tačnosti mernog instrumenta $\Delta x_{\min}$.

Česta greška. Vidimo da apsolutna greška ne može biti manja od tačnosti mernog instrumenta. Ako se tri puta izmere jednake vrednosti sva odstupanja od srednje vrednosti su nula, pa učenici često uzimaju da je i apsolutna greška nula, što je besmisleno jer bi značilo da je merenje apsolutno tačno.

Primeri. Pretpostavimo, u naredna tri primera, da smo merili dužinu mernim instrumentom čija je tačnost (vrednost najmanjeg podeoka) $\Delta x_{\min} = 0.01\ \text{mm}$. Izrazimo pravilno rezultate merenja.

Primer 1. Izmereno: $x_1 = 5.26\,\text{mm}$, $x_2 = 5.28\,\text{mm}$ i $x_3 = 5.31\,\text{mm}$.

$$x_s \approx 5.283\,\text{mm},\ \left|x_i - x_s\right|_{\max} \approx 0.027\,\text{mm},\ \Delta x = \left|x_i - x_s\right|_{\max} = 0.03\,\text{mm},$$

pa je rezultat merenja: $x = (5.28 \pm 0.03)\,\text{mm}$.

Primer 2. Izmereno: $x_1 = 5.26\,\text{mm}$, $x_2 = 5.27\,\text{mm}$ i $x_3 = 5.26\,\text{mm}$

$$x_s \approx 5.263\,\text{mm},\ \left|x_i - x_s\right|_{\max} = 0.007\,\text{mm} \text{ i } \Delta x = \Delta x_{\min} = 0.01\,\text{mm},$$

pa je rezultat merenja: $x = (5.26 \pm 0.01)\,\text{mm}$.

Primer 3. Izmereno: $x_1 = 5.26\,\text{mm}$, $x_2 = 5.26\,\text{mm}$ i $x_3 = 5.26\,\text{mm}$.

$$x_s \approx 5.26\,\text{mm},\ \left|x_i - x_s\right|_{\max} = 0,\ \Delta x = \Delta x_{\min} = 0.01\,\text{mm},$$

pa je rezultat merenja: $x = (5.26 \pm 0.01)\,\text{mm}$.

Apsolutna greška indirektnih merenja

Indirektno merenje neke fizičke veličine se vrši direktnim merenjima drugih fizičkih veličina, nakon čega se odgovarajućim formulama izračunavaju tražene veličine. Na primer, spomenuto merenje dužine stola lenjirom iz više postupaka je indirektno jer se dužina stola određuje iz zbira rezultata više merenja. Indirektno je i merenje brzine pomoću direktnih merenja pređenog puta i vremena za koje je put pređen.

Kod nas i u većini sveta apsolutna greška indirektnih merenja se procenjuje diferencijalnom metodom. Bez ulaska u detalje ovakvog načina procene greške u tabeli 1 su date fromule za izračunavanje grešaka u najčešćim slučajevima funkcionalnog izražavanja indirektno merenih preko direktno merenih veličina. U tabeli su direktno merene veličine označene sa x_i, a indirektno merena veličina je označena sa *y*.

Napomena. Kao što se vidi, relativne greške pri množenju i deljenju fizičkih veličina se sabiraju. Zbog toga prilikom merenja treba nastojati da se prvenstveno smanji greška merenja veličine čija je relativna greška najveća.

PRAVILA PISANJA VREDNOSTI FIZIČKIH VELIČINA

Pravila pisanja vrednosti fizičkih veličina su određena međunarodnim sistemom mernih jedinica – SI sistemom [1, 2] i ISO standardima i moraju se poštovati. Objasnićemo najvažnija.

Pravilno pisanje velikih i malih brojeva

1) Decimalna mesta se odvajaju tačkom ili zarezom.
2) Brojevi ispred i iza decimalne oznake se grupišu po tri, računajući od te oznake.
3) Grupe se odvajaju praznim prostorom. Izuzetno je dozvoljeno pisanje po četiri broja ispred ili iza decimalne oznake bez razdvajanja cifara.

Drugim rečima, hiljade, milioni, milijarde itd. se ne odvajaju tačkama ili zarezima. Zabranjeno je pisati crticu (-) umesto nule pre decimalne oznake.

Primeri. Ispravni su zapisi: 11 234, 23 345 400, 3 012, 3012, 0.023 41, 1.231 871 34, 0.000 5, 0.0005.

Neispravni su zapisi: 11.234,3, 11,234.3, 11.234.3, 0.002341, -.23.

TABELA 1. Pregled pravila za procenu grešaka indirektnih merenja metodom diferencijalnog računa

Formula	Apsolutna greška	Relativna greška
$y = \text{const}\cdot x$	$\Delta y = \text{const}\cdot\Delta x$	$\delta_y = \delta_x$
$y = x^n$	$\Delta y = \delta_y y$	$\delta_y = n\delta_x = n\dfrac{\Delta x}{x}$
$y = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$ $y = x_1 - x_2 - \ldots - x_n$	$\Delta y = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \ldots + \Delta x_n$	$\delta_y = \dfrac{\Delta y}{y}$
$y = x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_n$ $y = \dfrac{x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_k}{x_{k+1} \cdot \ldots \cdot x_n}$	$\Delta y = y\delta_y$	$\delta_y = \dfrac{\Delta x_1}{x_1} + \dfrac{\Delta x_2}{x_2} + \ldots + \dfrac{\Delta x_n}{x_n}$
$y = \ln x$	$\Delta y = \dfrac{\Delta x}{x} = \delta_x$	$\delta_y = \dfrac{\Delta y}{y}$

Zaokruživanje apsolutnih grešaka

Apsolutna greška se obavezno zaokružuje na jednu, eventualno dve, cifre različite od nule. Na dve cifre se apsolutna greška može zaokružiti isključivo ako joj je prva cifra jedinica, a i tada se može zaokružiti na jednu cifru. Zaokruživanje apsolutne greške se ne vrši po matematičkim pravilima zaokruživanja brojeva. Ono se vrši uvek naviše, tj. tako da se cifra na koju se zaokružuje uvek povećava. Samo u izuzetno preciznim naučnim merenjima apsolutna greška može biti izražena sa dve cifre različite od nule, iako prva nije 1.

Napomena 1. Dozvoljeno je ne povećavati cifru koja se zaokružuje samo ako su iza nje cifre 0 ili 1. Tako se brojne vrednosti apsolutnih grešaka mogu zaokružuiti na dva načina: $21.02 \approx 30$ ili $21.02 \approx 20$, $0.208 \approx 0.2$ ili $0.208 \approx 0.3$.

Napomena 2. Cifre 9 i 8 se retko koriste u apsolutnoj grešci. Tako se brojne vrednosti apsolutnih grešaka nekada mogu zaokružiti na više načina: $8.9 \approx 9$ ili $8.9 \approx 10$, $0.084 \approx 0.09$ ili $0.084 \approx 0.1$, $80.9 \approx 90$ ili $80.9 \approx 80$ ili $80.9 \approx 100$, $0.0712 \approx 0.08$ ili $0.0712 \approx 0.07$ ili $0.0712 \approx 0.1$,

Primeri. Navešćemo primere zaokruživanja brojnih vrednosti (podrazumeva se da fizičke veličine imaju jedinice).

TABELA 2. Zaokruživanje apsolutnih grešaka

Izračunato	Zaokruženo	Izračunato	Zaokruženo
0.003 74	0.004	4.8	5
0.012 45	0.02 ili 0.013	17.68	20 ili 18
0.514	0.6	217.8	300

Zaokruživanje brojnih vrednosti rezultata merenja

Za ispravan zapis vrednosti fizičkih veličina neophodno je poznavanje značajnih cifara u rezultatu. Značajne cifre u vrednosti fizičke veličine su sve cifre koje imaju red veličine veći ili jednak redu veličine apsolutne greške. Ispravan zapis fizičke veličine sadrži samo sve značajne cifre. Drugim rečima, nedozvoljeno je pisati cifre koje nisu značajne.

Na primer, ako je apsolutna greška na prvoj, drugoj, trećoj... decimali brojna vrednost se zaokružuje na prvu, drugu, treću.. decimalu, tj. pišu se obavezno sve cifre do prve, druge, treće... decimale uključujući i nju, pa makar ona bila i nula. Ako je pak greška na jedinicama, deseticama, stotinama... brojna vrednost se zaokružuje na jedinice, desetice, stotine... tj. pišu se sve cifre do jedinica, desetica, stotina... a sve cifre iza njih, ako postoje, moraju biti nule.

Značajne cifre su sve cifre različite od nule. Nule mogu biti značajne cifre u dva slučaja:

а) Ako se nalaze između cifara različitih od nule kao kod brojeva 2.304, 30.2, $1.405\cdot10^{-3}$ i sl.

б) Ako se nalaze na kraju datog broja da bi označile red veličine greške kao kod brojeva 12 200, 10.0, $1.450\cdot10^{-3}$ i sl.

Kod broja 0.02340 poslednja nula jeste značajna cifra, ali prve dve nisu, one su posledica samo neophodnog matematičkog zapisa. Mogu se izbeći pisanjem broja u obliku $2.340\cdot10^{-2}$.

Zaokruživanje brojnih vrednosti fizičkih veličina se vrši prema matematičkim pravilima zaokruživanja brojeve. Cifra na koju se zaokružuje se povećava za jedan ako su iza nje cifre 6, 7, 8 ili 9, a ne povećava ako su iza nje cifre 0, 1, 2, 3 i 4. Ako je iza cifre na koju se zaokružuje samo cifra 5, cifra se povećava ako je neparna, a ne povećava ako je parna, a ako iza cifre 5 ima još cifara različitih od nule povećava se i parna cifra.

Primeri. a) Ako je apsolutna greška 0.2, 0.5 ili 0.7, a izračunata vrednost (recimo pokazuje kalkulator) 123.621 74 ispravno je pisati 123.6, a neispravno 123.62, 123.622 itd.

b) Ako je apsolutna greška 0.02, 0.05 ili 0.07, a izračunata vrednost 435.1 ispravno je pisati 435.10, a neispravno 435.1, 435,100 itd.

c) Ako je apsolutna greška 1, 4 ili 8, a izračunata vrednost 467.125 ispravno je pisati 467, a neispravno 467.1, 467.12 itd.

d) Ako je apsolutna greška 100, 300 ili 600, a izračunata vrednost 23 451.28 ispravno je pisati 23 500, a neispravno 23 400, 23 451.3, 23 450 itd.

Ispravan zapis vrednosti fizičke veličine

Nabrojaćemo pravila koja se moraju poštovati pri zapisivanju vrednosti fizičkih veličina.

Oznaka fizičke veličine (latinično ili grško slovo) piše se ukošeno (kurzivom, italik).

Brojna vrednost fizičke veličine piše uspravno (ne italik) i sadrži samo sve značajne cifre.

Apsolutna greška se piše uspravno (ne italik) i sadrži jednu, eventualno dve cifre različite od nule.

Merna jedinica se piše uspravno (ne italik) i od brojne vrednosti odmaknuta za jedno prazno mesto. Ne odvajaju se samo jedinice uglova ($\alpha = 12^{o}\,30'\,3''$). Nazivi mernih jedinica se pišu malim slovima i kada potiču od vlastitog imena (tesla, kelvin), osim na početku rečenice, ali se oznake ovakvih jedinica pišu velikim slovom (T, K). Jedinica ne sme preći u drugi red.

Indeksi u oznakama fizičkih veličina se pišu uspravno (ne italik) osim ako i sami ne označavaju fizičku veličinu ili redni broj.

Iza svake brojne vrednosti mora da se piše jedinica (ili je izvan zagrade). Množenje se označava tačkom, a ne krstićem.

TABELA 3. Primeri pravilnog izražavanja brojnih vrednosti fizičkih veličina

Izračunata brojna vr.	Izračunata aps. greška	Zaokruž. aps. gr.	Zaokruž. brojna vr.	Pravilan izraz brojne vrednosti
12.345	0.0132	0.02	12.34	12.34 ± 0.02
0.243 35	0.000 261	0.000 3	0.243 4	0.2434 ± 0.0003
425.02	16.7	20	430	$(4.3 \pm 0.2)\cdot 10^{2}$
136.72	4.45	5	138	138 ± 5 ili $(1.38 \pm 0.05)\cdot 10^{2}$
2358.41	87.2	90 ili 100	2 360 ili 2 400	$(2.36 \pm 0.09)\cdot 10^{3}$ ili $(2.4 \pm 0.1)\cdot 10^{3}$
23	0.010 9	0.01	23.00	23.00 ± 0.01
34 567	112	100 ili 200	34 600	$(3.46 \pm 0.01)\cdot 10^{4}$ ili $(3.46 \pm 0.02)\cdot 10^{4}$
0.001 345	0.000 002 03	0.000 002	0.001 34	$(1.34 \pm 0.02)\cdot 10^{-3}$
23 000	83	90 ili 100	23 000	$(2.300 \pm 0.009)\cdot 10^{4}$ ili $(2.30 \pm 0.01)\cdot 10^{4}$

Primer 1. Ispravni zapisi mogu biti: $m = (12.34 \pm 0.03)\,\mathrm{g}$, $I = (0.210 \pm 0.004)\,\mathrm{A}$, $\varphi = (220 \pm 3)\,\mathrm{V}$, $\varphi_{\mathrm{kugle}} = (220 \pm 2)\,\mathrm{V}$, $R = (2200 \pm 300)\,\Omega$, $t = (1.34 \pm 0.16)\,\mathrm{s}$, $t = 273\,^{\circ}\mathrm{C}$ itd.
Neispravni su zapisi: $\mathrm{m} = (12.34 \pm 0.03)\,\mathrm{g}$, $I = (21.0 \pm 0.4)\,mA$, $t = (1.34 \pm 0.16)\,\mathrm{s}$, $m = 12.34$ kg, $\varphi = (220 \pm 0.3)\,\mathrm{V}$, $\varphi_{kugle} = (220.2 \pm 0.3)\,\mathrm{V}$, $t = 273\,^{\circ}\mathrm{C}$ itd.

Primer 2. Linijska, površinska i zapreminska gustina naelektrisanja sadrže ukošene (italik) odgovarajuće indekse σ_l, σ_S i σ_V, kao i masa *i* – te čestice (m_i). Gustina aluminijuma, dužina stola i masa treće čestice sadrže neukošene indekse ($\rho_{\mathrm{Al}}, l_{\mathrm{S}}$ i m_4).

Primer 3. Ispravno za vrednost $t = (27.3 \pm 0.1)\,^{\circ}\mathrm{C}$ i $t = 27.3\,^{\circ}\mathrm{C} \pm 0.1\,^{\circ}\mathrm{C}$, za nabrajanje $1\,\mathrm{kg}, 5\,\mathrm{kg}$ i $10\,\mathrm{kg}$, za interval $5\,\mathrm{kg}$ do $10\,\mathrm{kg}$, za množenje $10\,\mathrm{mm} \cdot 20\,\mathrm{mm} \cdot 15\,\mathrm{cm}$.

Neispravno: $t = 27.3 \pm 0.1\,^{\circ}\mathrm{C}$, $1,5$ i $10\,\mathrm{kg}$, $5\text{-}10\,\mathrm{kg}$, $10\,\mathrm{mm}$ x $20\,\mathrm{mm}$ x $15\,\mathrm{cm}$.

Rezultati merenja se mogu zapisati na dva ravnopravna načina:

$$m = (12.34 \pm 0.03)\,\mathrm{g} \text{ ili } m = 12.34(3)\,\mathrm{g}$$

$$\lambda = (34.78490 \pm 0.00016)\,\mathrm{nm} \text{ ili } \lambda = 34.78490(16)\,\mathrm{nm}$$

Drugi način se najčešće koristi samo ako je veliki broj značajnih cifara (drugi primer).

PRAVILA ZA RAD SA PRIBLIŽNIM BROJEVIMA

Ako brojne vrednosti fizičkih veličina nisu date sa greškama (teorijski zadaci) i tada moraju biti prikazane sa odgovarajućim brojem cifara, tj. moraju biti prikazane samo sve značajne cifre. Ne treba pisati ni premalo ni previše cifara. Jednako je loš nedovoljan i izlišan broj cifara.

Značajne cifre brojnih vrednosti kada nisu date apsolutne greške

Poslednja cifra u brojnoj vrednosti treba da ima isti red veličine kao apsolutna greška i kada ta greška nije data.

Primer 1. Ako je apsolutna greška merenja napona reda veličine stotih delova volta $(0.01\text{-}0.09\text{V})$, navedene vrednosti napona se moraju pisati u obliku:

$$10.00\ \text{V} \qquad 0.34\ \text{V} \qquad 3.20000\cdot 10^3\ \text{V}\ (3\ 200.00\ \text{V}).$$

Primer 2. Ako je apsolutna greška merenja vremena reda veličine desetica (10-90 s), navedene vrednosti vremena treba pisati u obliku:

$$40\text{s} \qquad 120\text{s} \qquad 3.520\cdot 10^3\text{s}\ (3520\text{s}).$$

Važi i obrnuto, ako su vrednosti fizičkih veličina (i u teorijskim zadacima) napisane kao u prethodnim primerima, podrazumeva se da su greške ovih veličina kao u istim primerima.

Pravila za procenu broja značajnih cifara

Pri pisanju izračunatih vrednosti fizičkih veličina u teorijskim zadacima (nisu date greške datih veličina) treba se pridržavati pravila procene broja značajnih cifara koja su data u nastavku.

Kod međurezultata, kao i kada su date apsolutne greške, uvek treba uzeti jednu cifru više nego što predviđaju ova pravila da bi se izbeglo uvećanje greške zbog višestrukog zaokruživanja.

Sabiranje i oduzimanje. U zbiru i razlici treba zadržati samo cifre do reda veličine koji imaju cifre svih sabiraka.

Primeri. $12.432+2.3467+3.23+12.123=30.1317\approx 30.13$

$$135+12.8-55.15+76.2-195.545=-26.695\approx -27$$

$$2.12\cdot 10^4-1295.2+3.720\cdot 10^3=2.12\cdot 10^4-0.12952\cdot 10^4+0.3720\cdot 10^4=$$

$$=2.36248\cdot 10^4\approx 2.36\cdot 10^4=23600$$

U prvom primeru najmanji red veličine koji se pojavljuje u svim sabircima su stoti delovi (ima ga sabirak 3.23), pa se i rezultat zaokružuje na stote delove. U drugom primeru je to red veličine jedinica (sabirak 135), a u trećem red veličine stotina (ima ga prvi sabirak 21 200).

Množenje i deljenje. U proizvodu i količniku se prvo odredi činilac sa najmanjim brojem značajnih cifara. Zatim se svi činioci zaokruže na taj broj značajnih cifara i izvrše sve matematičke operacije. Rezultat se piše sa istim tim brojem značajnih cifara.

Primer. $\dfrac{3.345\cdot 2.34231\cdot 12.341}{12.4\cdot 3.401\cdot 3.213}\approx\dfrac{3.34\cdot 2.34\cdot 12.3}{12.4\cdot 3.40\cdot 3.21}=0.7103\approx 0.710.$

U ovom primeru najmanji broj značajnih cifara (tri) sadrži činilac 12.4 pa se prvo svi ostali činioci zaokružuju na tri značajne cifre, kao i konačan rezultat.

Ako se prethodno izračunavanje vrši preko međurezultata (brojioca i imenioca):

$$\frac{3.345\cdot 2.34531\cdot 12.341}{12.4\cdot 3.401\cdot 3.213}\approx\frac{3.345\cdot 2.345\cdot 12.34}{12.4\cdot 3.40\cdot 3.21}\approx\frac{96.795}{135.3}\approx 0.715.$$

Primećujemo da je moguće nekada ispravno dobiti različite rezultate. Zbog toga se često toleriše čak i broj značajnih cifara do na jednu više ili manje.

Matematičke funkcije. Pri stepenovanju, korenovanju, logaritmovanju, izračunavanju trigonometrijskih i drugih standardnih funkcija u rezultatu treba zadržati jednak broj cifara koliko sadrži argument funkcije.

Primeri. $5.21^2 \approx 27.1$, $2.3^5 \approx 64$, $tg30.0° \approx 0.577$, $\sqrt{2.35} \approx 1.53$, $\sqrt[4]{156.2} \approx 3.535$, $\ln 62 = 4.1$.

U primeru se podrazumeva da 62 nije prirodan broj, nego brojna vrednost neke fizičke veličine koja je poznata sa greškom koja ima red veličine jedinica. Prirodni brojevi su tačni.

Primeri složenog izraza. $\frac{(1.2+19.071)\sqrt{3.8}}{5.1\cdot 3.009\cdot 10^4} \approx \frac{20.3\cdot 1.95}{15.3\cdot 10^4} \approx \frac{39.58}{15.3\cdot 10^4} \approx 2.59\cdot 10^4 \approx 2.6\cdot 10^4$.

Poslednje zaokruživanje je potrebno zato što je u međurezultatima korišćena jedna cifra više.

Napomena 1. Na međunarodnim takmičenjima se od srednjoškolaca očekuje poznavanje prethodnih pravila, tj. samostalna procena broja značajnih cifara u teorijskim zadacima.
Izražavanje rezultata sa značajnim ciframa se uvek naglašava – ako nije naglašeno, nije potrebno voditi računa o njima.

Na međunarodnim takmičenjima osnovaca se ne traži poznavanje načina procene broja značajnih cifara, ali se traži njihovo poznavanje. Naime, u zadacima se traži da se rezultat izrazi sa određenim brojem značajnih cifara, najčešće 3 ili 4.

Napomena 2. Merenja u osnovnim i srednjim školama kao i na takmičenjima učenika retko imaju greške manje od 1%. Zbog toga je skoro uvek rezultate merenja i rezultate računanja brojnih vrednosti fizičkih veličina dovolj izraziti sa četiri, a često i sa tri značajne cifre. Najveća greška koja se pri pisanju četiri značajne cifre može učiniti je $\frac{0.5}{1000} = 0.0005 = 0.05\%$. Naime, količnik je najveći kada je brojilac najveći, a imenilac najmanji. Posmatraćemo primer brojeva sa četiri značajne cifre bez decimala (od 1 000 - 9 999). Brojilac može biti najveći 0.5 jer pri zaokruživanju na četiri značajne cifre može se pogrešiti najviše za pola pete cifre tj. na 0.5 (npr. $2354.5 \approx 2354$ i $2353.51 \approx 2354$). Najmanji imenilac je najmanji četvorocifreni broj, tj. 1000. Isto se može pokazati da se pri zaokruživanju na tri značajne cifre može učiniti najveća greška od 0.5%.

Ispravan zapis relativne greške

Za pisanje relativne greške nema posebnih pravila, ali važi opšte pravilo po kome je besmisleno pisati nedovoljan ili izlišan broj značajnih cifara. Najčešće se izražava sa 1-3 značajne cifre. Pisanje više od tri cifre nema smisla jer bi značilo da smo apsolutnu grešku jako tačno odredili. Inače, kada bismo strogo primenili prethodna pravila procene broja značajnih cifara i relativna greška, kao i apsolutna, morala bi da se zaokružuje na jednu, eventualno dve značajne cifre. Naime, relativna greška je količnik apsolutne greške i vrednosti veličine, pa bi trebala da ima isti broj značajnih cifara kao činilac sa manjim brojem ovih cifara, a to je uvek apsolutna greška. Ipak, tako se ne radi.

Značajne cifre matematičkih i fizičkih konstanti

Matematičke konstante se često mogu napisati sa proizvoljnim brojem značajnih cifara. Takav je slučaj, na primer sa π, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, 2^{10}, $\ln 2$, e (osnova prirodnog logaritma), $\frac{10}{3}$ itd. Mnoge fizičke konstante su poznate sa velikim brojem značajnih cifara. Na primer, Ridbergova

konstanta je jednaka $R = 1.0973731568525(73) \cdot 10^7 \mathrm{m}^{-1}$. Primetimo da je apsolutna greška izražena sa dve cifre, iako prva nije 1, jer je rezultat izuzetno preciznih naučnih merenja.

Ako je u zadatku naglašeno da se koriste samo značajne cifre, one se moraju i koristiti prema prethodno navedenim pravilima. Ako to nije naglašeno, treba koristiti onoliko cifara koliko je dovoljno da greška njihovog zaokruživanja bude zanemarljiva u odnosu na greške ostalih veličina. Kao što smo rekli, u skoro svim slučajevima, osim posebnih, koji bi morali biti naglašeni, dovoljne su četiri značajne cifre.

LITERATURA

1. https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/section5-3.html
2. http://www.dmdm.rs/cr/MJPravila.php

Креирање и употреба онлајн тестова Socrative у настави физике у средњој школи

Владан Младеновић[1], Јелена Радовановић[2]

[1]Алексиначка гимназија, Алексинац, Србија
[2]ОШ „Слободан Секулић“, Ужице, Србија

Апстракт. Истакнута је неопходност формативног оцењивања и важност давања повратне информације о постигнућу ученика током процеса учења уз навођење неколико ИКТ алата чија примена у настави може допринети успешнијем реализовању ове важне активности. Описано је креирање тестова помоћу бесплатног онлајн алата Socrative, као и могућности прикупљања података и анализирања ученичких постигнућа које овај алат нуди.

Кључне речи: формативно оцењивање, тестови, ИКТ, онлајн алати, Socrative

УВОД

Недавно усвојени Закон о основама система образовања и васпитања (2017), као и раније донета Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године (2012), јасно указују да су пред образовним системом у нашој земљи бројни изазови. Између осталог, они се тичу померања од традиционалног приступа настави[1] базираног пре свега на излагању наставних садржаја од стране наставника и репродуковању чињеница од стране ученика ка настави која је усмерена на учење, где би у првом плану морала бити изградња функционалних знања као основе за развој различитих компетеција - кључних компетенција за целоживотно учење, општих међупредметних и предметних компетенција [2, 3].

У настави усмереној на учење важну улогу имају различити аспекти оцењивања. Познато је да оцењивање има неколико функција: Оцењивање је дијагностичко средство којим наставник процењује предуслове за учење као што су претходно знање и вештине ученика, али и ефекте раније реализоване наставе те на тај начин планира будуће активности; Затим, то је средство за праћење и подршку напредовању у учењу, али и средство вредновања које показује у којој мери је ученик остварио очекиване исходе и стандарде постигнућа. У настави усмереној на учење посебна пажња придаје се формативном оцењивању и правовременој размени информација на релацији наставник-ученик [4].

Према Правилнику о оцењивању ученика у средњем образовању и васпитању (2015) праћење развоја и напредовања ученика у достизању исхода и стандарда постигнућа, као

[1]Израз *традиционална настава* у овом раду употребљен је у значењу у каквом се често користи и у савременој домаћој литератури у области методике наставе физике [1]. На пример: „Традиционална настава физике у школи предавачка је, и на тај начин, једносмерна. У таквој ситуацији сматра се добрим резултатом ако ученик стекне декларативно знање о садржајима који су наведени у школском програму. То значи да је он у стању да репродукује научено знање (онако како га је научио и за ситуације које су разматране на часовима), описе, дефиниције, законе, моделе, математичка извођења (Нешић 2015, стр. 90).“

и напредовање у развијању компетенција у току школске године обавља се формативним и сумативним оцењивањем. Притом се под формативним оцењивањем подразумева „редовно и планско прикупљање релевантних података о напредовању ученика, постизању прописаних исхода и циљева и постигнутом степену развоја компетенција ученика. Саставни је део процеса наставе и учења и садржи повратну информацију наставнику за даље креирање процеса учења и препоруке ученику за даље напредовање и евидентира се у педагошкој документацији наставника“ [5].

Редовна процена ученичких постигнућа и правовремено саопштавање повратне информације о напредовању ученика уз евидентирање у педагошкој евиденцији веома је захтеван задатак за наставника. Примена ИКТ решења може поједноставити овај процес.

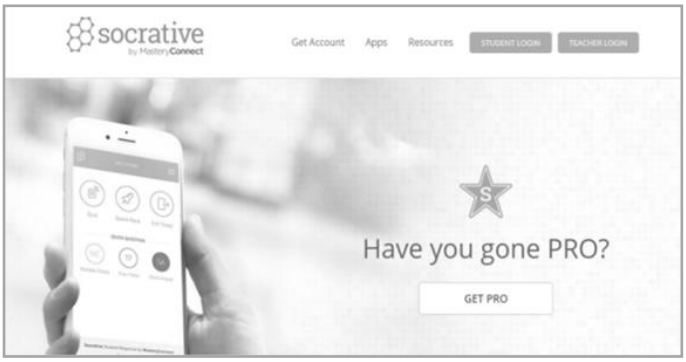
Данас постоји велики број ИКТ алата намењених креирању питања, организовању тестова и проверама знања којима се замењује или побољшава употреба класичних система за одговарање на клик (Clickers-student response system). Број ових алата је сваким даном све већи и тешко је направити грубу класификацију а камоли преглед. На овом месту само ћемо навести неколико алата који су бесплатни (бар у основној верзији) и доступни свима, а користе се у учионицама широм света: QuizEgg, Quizizz, ClassMarker, Naiku, Easy Test Maker, The Teachers Corner, JeopardyLabs, Testmoz, Quiz Socket, Class Tools, H5p. Више информација, савета и упутстава на српском језику може се наћи на сајту Вебциклопедија [6].

У школама у Србији, посредством више пројеката и обука у организацији МПНТР и Завода за унапређење образовања и васпитања, у значајнијој мери у ове сврхе користе се Kahoot (Каху) [7] и тестови на Moodle (Мудл) платформи [8]. Осим поменутих алата, својим карактеристикама и могућностима за коришћење у учионици издваја се и Socrative (Сократив) [9, 10].

SOCRATIVE

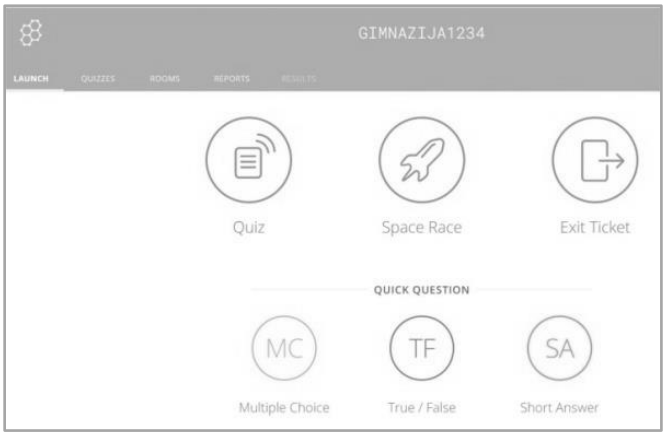
Socrative је једноставан онлајн алат са великим могућностима у креирању питања, начину организовања тестирања и обради добијених резултата. Такође, омогућава дељење креираних материјала међу наставницима. У понуди постоји професионална верзија овог алата, али треба нагласити да и бесплатна верзија даје сасвим довољно могућности за квалитетну примену у настави.

Ако први пут приступамо почетној страни веб-сајта овог алата (https://www.socrative.com/) потребно је да креирамо кориснички налог (слика 1).



СЛИКА 1. Насловна страна сајта www.socrative.com

Креирање наставничког налога је једноставно, док ученици не креирају налог, већ се само својим именом пријављују у учионицу - собу (Room) коју је наставник креирао (у нашем примеру - GIMNAZIJA1234, слика 2). Ученици за приступање могу користити своје „паметне“ мобилне телефоне или рачунаре. Једини ресурс који би требало да обезбеди школа је приступ интернету. Такође, присуство пројектора олакшава анализу и дискусију резултата реализованих тестова на нивоу одељења.

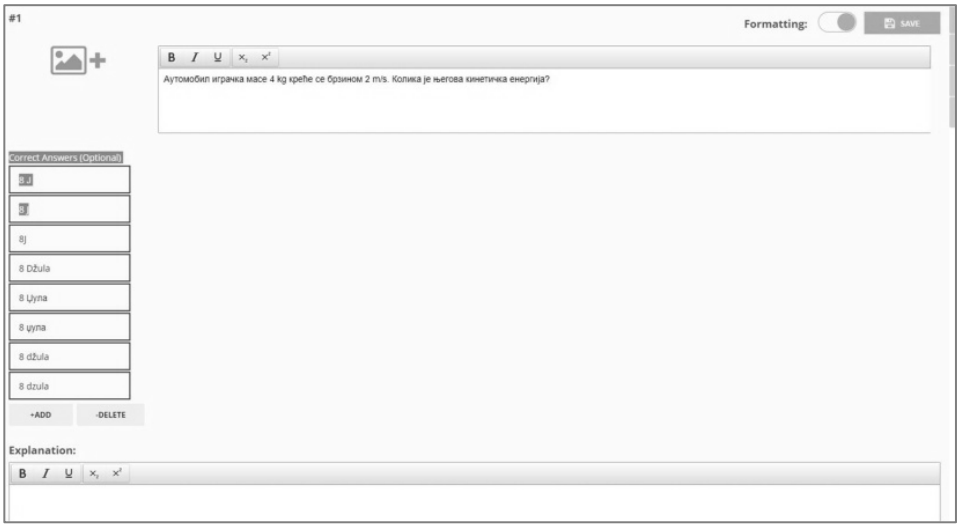


СЛИКА 2. Кориснички интерфејс наставника

Креирање онлајн тестова у алату Socrative

Креирању теста (квиза) наставник приступа помоћу картице QUIZZES (слика 2) и избора опције ADD QUIZ – Create New. Socrative омогућава једноставно креирање тестова који могу садржати три различите врсте питања: питања вишеструког избора (слика 3), кратак одговор (слика 4) и тачно-нетачно (слика 5). Доступне су базичне могућности форматирања текста, као и убацивање слика. Приликом креирања питања неопходно је предвидети тачан одговор. Опционо, може се написати образложење тачног одговора.

СЛИКА 3. Пример креирања питања вишеструког избора



СЛИКА 4. Пример *креирања* питања са кратким одговором

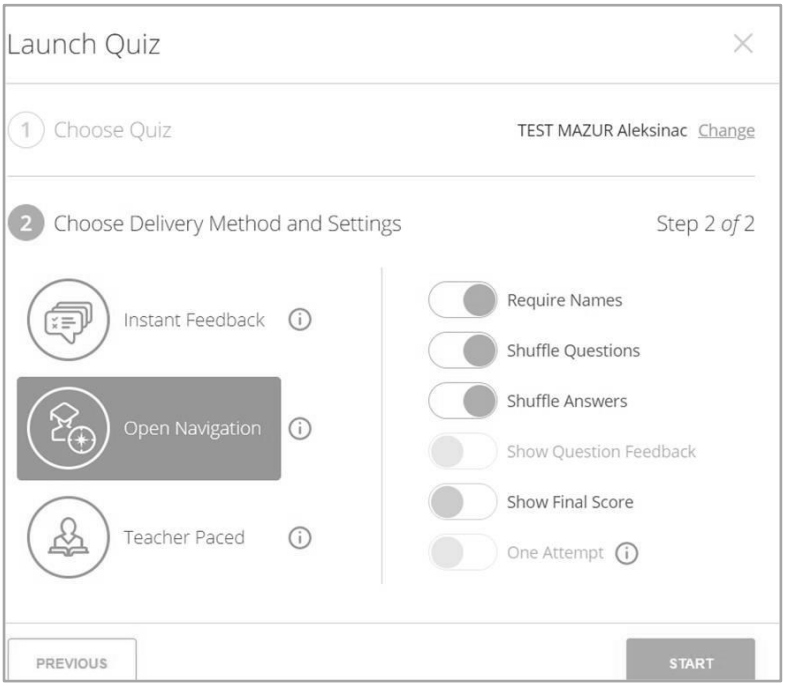
СЛИКА 5. Пример креирања питања типа тачно-нетачно

Начини реализовања тестова у алату Socrative

Највећа вредност Socrative алата огледа се у различитим начинима на које наставник може да покрене и контролише одвијање теста. И у бесплатној верзији постоје могућности и подешавања које немају ни врло скупи софтверски пакети а које су од велике користи наставнику.

Покретању квиза приступа се преко картице Launch Quiz (слика 2). Тест може бити покренут у три основне варијанте: Instant Feedback, Open Navigation, Teacher Paced (слика 6). У првој, ученик одговара питање по питање и добија обавештење о исправном/погрешном одговору након сваког послатог одговора а наставник све време може да прати ток и резултате. У другој варијанти ученик има могућност да на питања одговара редом којим жели и може да се враћа, прескаче питања итд. У варијанти коју

наставник води, питања иду редоследом и ритмом који наставник одреди. У свакој од варијанти постоје додатна подешавања и могућности. Тако на пример у последњој варијанти наставник може да подеси, између осталог, да систем „меша“ редослед питања и одговора тако да сваки ученик на свом уређају има другачију варијанту теста. На тај начин Сократив може бити употребљен и за сумативне процене знања ученика, односно као класичан тест.



СЛИКА 6. Начини реализације тестова

Анализирање ученичких постигнућа

Сократив има могућности да наставник све време, током одвијања теста, прати тренутне одговоре и напредак сваког појединог ученика а ако има потребе те резултате може преко пројектора да показује и анализира заједно са ученицима (слика 7).

Након завршеног теста наставник може да одмах погледа резултате сваког ученика као и да види анализу за свако појединачно питање у тесту. Сви резултати се архивирају и чувају на сајту а наставник може да их комплетно преузме у виду Ексел документа. Такође, постоји могућност да се припремљени тест одштампа и у папирном облику као и могућност да се сваки појединачни тест сваког ученика сачува у пе-де-еф формату. На тај начин се лако добија архива резултата сваког ученика која се користи у процесу учења, а доступна је самом ученику, његовим родитељима и стручној служби школе.

Name	Score (#)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
****	9							A	25min		D			D		D	C
****	31	D	D	D	C	B	250	C	25min		C	B	E		D	D	C
****	20	D	C	B	A	C	250	C	Odmor ce	metar u	B	B	D, C	C, A	A	B	B
****	20	D	A	B	A	C	250	B	25 MINUT		C	D	A	A	D	D	C
****	29	D	D	C	C	B	250	B	25 minut	v	B	A	B	D, A	C	C	C
****	41	D	D	C	C	B	250	C	25	m/s	B	A	E, D	D, C	C	D	C
****	27	D	C	C	C	B	250	D	25 min	m/s	B	D	D	B, A	C	B	B
****	38	D	D	C	C	B	250	C	25	m/s	B	B	E	C	C	A	C
****	38	D	D	C	C	B	250	C	25 min	km/h	C	B	D	D, C	C	D	D
****	30		D	C	C			A			B		E, D	D, C	A	D	
****	0																
****	26	D	D	D	C	C	150km/h	B	45 minut		B	A	E, D	D, B	C	D	A
****	29	D	C	C	C	B	250km/t	C	25min		B	C	E, D	D, C	A	C	B
****	24	D	C	A	C	A	250	C	25min	nzm	B	B	D	D, B	C	D	B
****	24	D	D	B	C	A	250	C	5мин	км	C	B	B	D, C	C	A	C
****	33	D	D	C	C	B	250	C	25	km/h	B	C	E	C, A	C	D	A
****	30	D	D	C	C	B	250	C	25 min.	m/s	B	C	C	C	C	C	C
****	31	A	B	C	C	B	250	C	25 MINUT	M/S	B	B	D	D, C	C	D	D
****	43	D	D	C	C	B	250	C	25	M/S	C	A	E, D	C, B	C	D	C
****	39	D	D	A	C	B	250	C	25 минут	m/s	B	A	E, D	D	C	D	C
****	26	D	D	B	A	A	250	C	25 минут	метар у	C	C	E	C, A	C	D	A
Class Total		94%	68%	58%	84%	67%	89%	70%	58%	64%	65%	28%	32%	32%	74%	65%	53%

СЛИКА 7. Пример резултата теста

ЗАКЉУЧАК

Представљени онлајн алат Socrative омогућава наставнику да на једноставан начин креира тестове различитог обима и намене: од кратких провера остварености циљева часа, преко различитих иницијалних и дијагностичких провера, до класичних тестова провере остварености стандарда постигнућа. Једноставно прикупљање података и доступност различитих начина анализирања остварених резултата на тесту омогућавају адекватно и правовремено давање повратне информације о напредовању ученика, а вођење педагошке евиденције умногоме бива олакшано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Љ. Нешић, Поглавља методике наставе физике, *Универзитет у Нишу*, Природно-математички факултет, Ниш, 2015.
2. Закон о основама система образовања и васпитања (Службени гласник РС, бр. 88/2017).
3. Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. (Службени гласник РС, бр. 107/2012).
4. W. Harlen, Assessment & inquiry-based science education: Issues in policy and practice. *Global Network of Science Academies*, 2013, URL: http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245 (15.12.2017).
5. Правилник о оцењивању ученика у средњем образовању и васпитању (Службени гласник РС, бр. 82/2015).
6. Вебциклопедија, URL: http://vebciklopedija.zajednicaucenja.edu.rs/provere-povratne-informacije/testovi-kvizovi (15.12.2017).
7. Kahy, URL: https://kahoot.it (10.12.2017).
8. Мудл, URL: https://moodle.org (10.12.2017).

9. Сократив, URL: https://www.socrative.com (10.12.2017).
10. В. Младеновић, М. Дороцки, С. Николић, Ј. Радовановић, Радионица „Креирање онлајн тестова у алату Socrative“, *Настава физике*: з*борник радова са Републичког семинара о настави физике,* бр 3., 73-76.,2016.

Контактне силе у динамици крутог тела

Љубиша Нешић, Лазар Раденковић

Департман за физику, Природно-математички факултет у Нишу, Србија

Апстракт. При цртању дијаграма сила за круто тело које се налази на некој подлози, сила трења и нормална сила се обично наводе као две посебне сиsле. Други приступ је да се ове две силе третирају као компонентни вектори јединствене контактне силе. Овакав приступ анализи дијаграма сила боље описује услове равнотеже посматраног тела.

Кључне речи: контактне силе, дијаграм сила, равнотежа крутог тела.

УВОД

Према данашњем познавању природе, заснованом на стандардном моделу физике честица, у њој постоје четири фундаменталне интеракције: електромагнетна, јака, слаба и гравитациона. Ниједна од њих не делује путем директног контакта. Стога појам „контактне силе“ физичарима може да делује бесмислено. Ученицима, као и људима који се не баве физиком, овај појам не делује бесмислено. Ученицима су фундаменталне силе (сем гравитационе) најчешће апстрактне, док су силе чије се деловање преноси контактом тела веома очигледне [1].

Пошто је ученицима утицај једног тела на друго путем контакта близак, на тај начин је и најлакше увести концепт силе. Такође, мерење силе динамометром се заснива на контакту крутих тела [2]. С обзиром на то да се Њутнова механика, сем гравитационе силе,[1] односи на контактне интеракције, јасно је да њима у настави мора бити посвећена посебна пажња. Могуће је увести више контактних сила: нормална сила, сила трења, примењена сила – нпр. при гурању аутомобила, сила потиска, сила отпора средине, сила еластичне деформације... У раду је акценат само на нормалној сили зато што је приказ њеног деловања у књигама често недовољно прецизан, што читаоце и ученике може довести у заблуду.

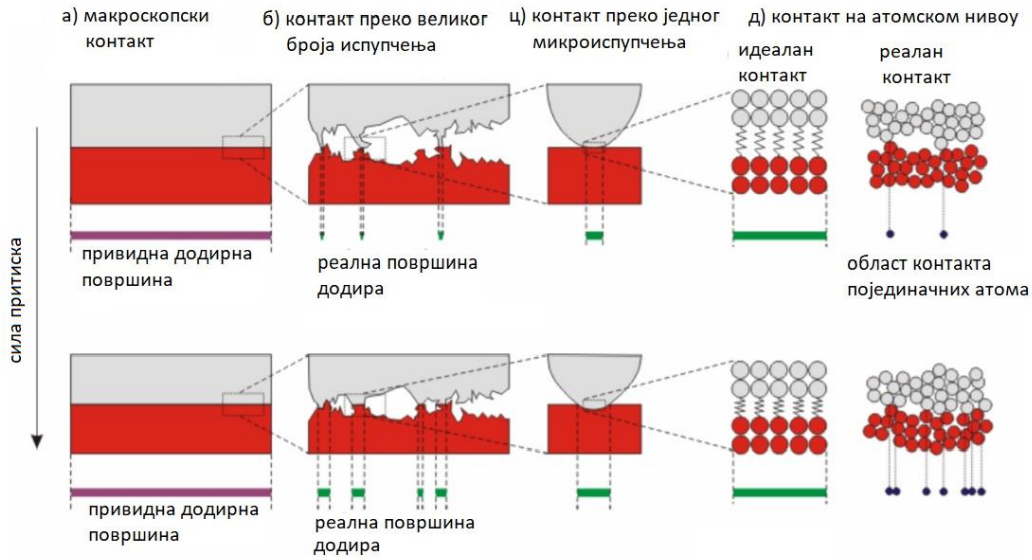
КОНТАКТ КРУТИХ ТЕЛА

Контакт крутих тела одвија се преко њихових површи, прецизније неких њихових делова који се налазе *довољно близу*. Са *макроскопског* становишта, површ тела је његова добро дефинисана граница која га „покрива“ и која има исте карактеристике као и само тело. Са *микроскопског* становишта, то није тако. Површ тела одговара прелазној области између тела и околне средине којом је оно, у извесном смислу, одвојено од ње. У тој области се дешавају сложени хемијско-физички процеси, па она често има карактеристике другачије од делова тела који се налазе у његовој унутрашњости.

[1] Све остале интеракције су откривене након формулисања Њутнове механике.

Површ тела, када је реч о конкретним реалним материјалима, може да се подели на више слојева [3] (физисорпциони, хемисорпциони, деформисани ...) који се простиру од неколико десетина до стотинак микрометара унутар тела. У даљем тексту ће ове чињенице бити игнорисане, односно под појмом површ тела биће подразумевана геометријска област којој је тело одвојено од околине, што је и најчешћа ситуација у физици.

Реалан контакт два тела веома је сложен. Између осталог, постоји привлачна интеракција две површи преко којих се одвија „контакт“ крутих тела. Ова сила брзо опада при удаљавању тела. У највећем броју случајева ове силе на контактима доводе до међусобног привлачења тела *адхезионим силама*. Неке од примена ових ефеката срећу се код самолепљивих коверата, фолија итд. Адхезивни (приањајући) контакт два крута тела дешава се када су њихове површи врло глатке, што је ефекат познат из физике трења. Наиме, покушај да се трење смањи глачањем додирних површи, на крају може да доведе до њиховог слепљивања хладним варом [4].



СЛИКА 1. Контакт два тела макроскопски изгледа глатко, али се састоји од великог броја микроиспучења.

У којој мери ће контакт два крута тела бити остварен зависи од облика њихових површи као и сила којима се врши притисак једног тела на друго. Када су површи тела неравне, величина области додира је много мања (у просеку је овај однос око 10^{-5}) од површине привидног контакта (слика 1.). Величина реалног контакта[2] је, притом, веома важна јер одређује нпр. електричну и термалну отпорност на месту додира два тела [4]. Начин успостављеног контакта може да буде различит. У контактној механици, добро развијеној инжењерској дисциплини, постоји појам тзв. *нормалног контакта.* Под нормалним контактом сматра се ситуација у којој два тела делују једно на друго одбојним силама које

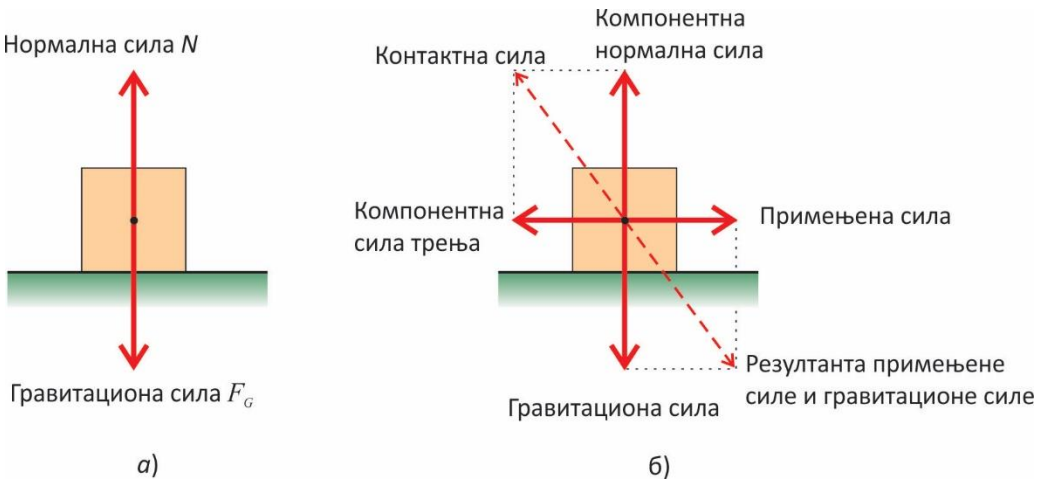
[2] Није лоше имати у виду да правог контакта заправо и нема. На површима тела налазе се атоми који се никада не додирну већ међусобно делују „на даљину“.

су нормалне на њихове додирне површи. У физици крутог тела обично се мисли на овакву врсту контакта у којима се занемарује адхезија и хабање.[3]

ЕКВИВАЛЕНТНЕ СИЛЕ

Како се интеракција крутих тела у „контакту“ суштински одвија путем великог броја међумолекуларних сила које имају електромагнетну природу[4], згодније је поједноставити опис интеракције увођењем *еквивалентне* силе. Замена једног скупа сила другим скупом сила који му је еквивалентан се у механици често примењује. Скупови сила су *еквивалентни* уколико су им резултанте и моменти у односу на сваку тачку једнаки. Често се скуп сила замењује само једном силом - резултантом. Процедура увођења центра масе и центра гравитације један је од примера коришћења концепта еквивалентне силе уместо скупа појединачних сила којима интерагују делови тела.

У зависности од услова под којима се тело налази, *еквивалентна контактна сила* се може разложити на две компонентне силе: нормалну силу и силу трења (слика 2.). У даљем тексту ће бити коришћен само назив *контактна сила* уз изостављање речи еквивалентна.



СЛИКА 2. а) Једина контактна сила је нормална сила. б) Сила трења и нормална сила као компонентне силе контактне силе.

ДИЈАГРАМ СИЛА

Дијаграм сила је слика на којој је тело најчешће приказано као тачка и на коју су нанете све силе које делују на њега [2]. Дијаграм сила, будући да даје прегледнији увид у динамику тела, омогућује лакшу анализу његовог кретања. Кључне су следеће идеје које ваља додатно истаћи јер ученици често чине грешке при цртању дијаграма:

[3] Класична контактна механика је везана за име Хајнриха Херца који је 1882. описао проблем контакта два еластична тела закривљених површи.

[4] Уколико се иде на дубљи ниво анализе деловање једног тела на друго своди се на интеракције елементарних честица које чине њихове атоме.

- Њутнови закони се примењују *на једно одређено тело* и наносе се само оне силе које делују на њега. Тело се често разматра као материјална тачка, када се не разматра ротација тела.
- Посматрано тело приказује се *изоловано* од околине, или се црта више идентичних слика разматраног проблема, а онда се за свако од тела у систему уцртавају силе које делују на њега.
- Обе силе из пара акција-реакција, *никада* се не јављају на истом дијаграму будући да не делују на исто тело.
- Силе које се јављају унутар посматраног тела/система не цртају се на дијаграму сила јер не утичу на његово кретање.
- На дијаграм се не наносе брзине и убрзања.

СЛИКА 3. Скица реалне ситуације и дијаграма сила за два посматрана тела-система.

За више детаља о цртању дијаграма сила и његовој употреби у решавању задатака, можете консултовати [5, 6].

У конкретном примеру приказаном на слици 3, дијаграми сила за два тела представљени су на десном делу слике. Тела нису у потпуности замењена тачкама (иако су оне назначене као нападне тачке сила) како се не би превише изгубило на верности ситуације на коју се односи дијаграм.

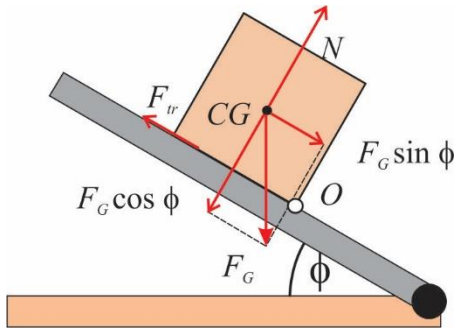
У литератури се понекад користи и термин „дијаграм сила слободног тела“ као директан превод енглеске синтагме *free-body diagram* у којем се реч *слободно* односи на приказ тела слободног од окружења (што се и види на слици 3, десно). Тај израз није довољно прецизан јер се под слободним телом чешће подразумева тело које се слободно креће, односно на кога не делују силе.

Приметимо такође да, када је реч о крутом телу које може и да ротира, приказивање тог тела тачком је неадекватно јер се у овом случају мора водити рачуна и о моментима сила. Крута тела се у тим ситуацијама приказују најчешће правоугаоним формама (квадровима, коцкама ...) које га што верније визуализују. Управо такво разматрање крутог тела, као да је материјална тачка, доводи до честе грешке која је размотрена у наставку текста.

РАВНОТЕЖА КРУТОГ ТЕЛА НА СТРМОЈ РАВНИ

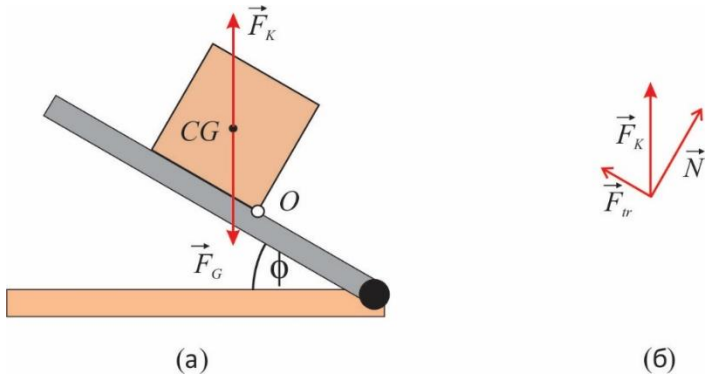
Дијаграм сила је полазна тачка при описивању динамике тела. У наставку ће бити речи о његовој правилној примени приликом утврђивања услова равнотеже тела на стрмој равни. У књигама [2] се често срећу скице сличне оној приказаној на слици 4, која представља природну екстраполацију ситуације на хоризонталној подлози (слика 2).

Релативно лако се показује да, са оваквим дијаграмом сила, тело на слици 4 није у равнотежи. Уколико посматрамо услове равнотеже у односу на тачку *O*, потребно је израчунати моменте компоненти контактне силе (нормална сила и сила трења) као и момент гравитационе силе. Како правац силе трења пролази кроз тачку *O*, њен момент је нула; нормална сила и компонента гравитационе силе која је нормална у односу на подлогу имају једнаке а супротно усмерене моменте, па је њихов сумарни момент такође нула. Остаје још момент паралелне компоненте гравитационе силе који има тенденцију да тело заротира низ стрму раван. Како се то у реалности не дешава, следи да у оваквом приказу постоји нека суштинска грешка!



СЛИКА 4. Уобичајени приказ дијаграма сила за тело на стрмој равни.

Пажљивија анализа показује да коректан начин приказивања мора да буде заснован на слици 5(а) на којој су приказане само гравитациона сила и резултујућа контактна сила [7-9].



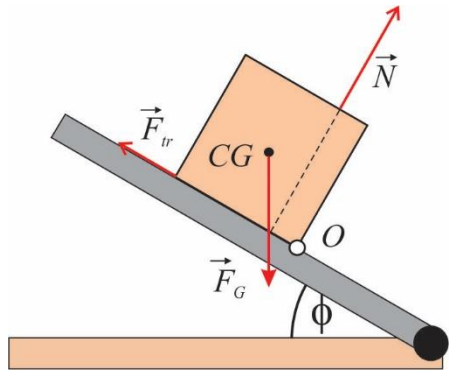
СЛИКА 5. Статичка равнотежа на стрмој равни – приказ преко контактне силе.

Контактна сила F_K и сила гравитације F_G су једине две силе које делују на тело, па оне морају бити једнаке су по интензитету и морају да леже дуж истог правца јер је тело у равнотежи. На овакав начин одређени су интензитет, правац и смер вектора контактне

силе и испуњени услови равнотеже и за ротацију и за транслацију, што се лако уочава. Иако је сила F_K на слици 5, *приказана са нападном тачком у центру гравитације*, то не значи да се она заиста ту и налази. Познато је да се вектор силе може померати дуж правца свог деловања јер то не утиче на једначине. Пошто се ради о контактној сили, по самој њеној суштини, ова сила мора да делује на месту додира подлоге и тела, а то је место где вектор гравитационе силе пресеца подлогу. На овај начин одредили смо и нападну тачку контактне силе.

Уколико се контактна сила F_K прикаже преко својих компонентних сила (слика 5(б)) – силе трења F_{tr} и нормалне силе N, тело се налази под деловањем три силе (F_{tr}, N и F_g). Притом, сила трења је паралелна површи додира тела и стрме равни, а нормална сила је ортогонална на њу док гравитациона сила F_G, делује у центру гравитације. Како су сила трења F_{tr}, и нормална сила N компонентне силе укупне контактне силе, њихове нападне тачке морају бити исте, односно њихови правци *морају да прођу кроз исту тачку* кроз коју пролази вектор контактне силе F_K на слици 5 (а то је уједно тачка кроз коју пролази вектор гравитационе силе).

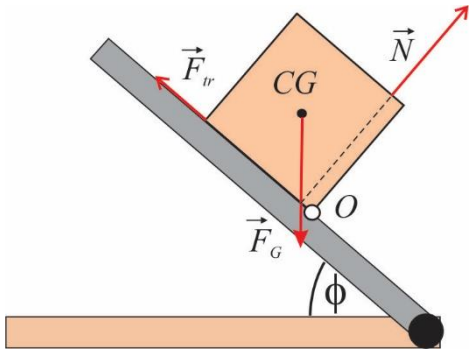
На бази ове анализе, на слици 6. приказане су сила трења и нормална сила, са коректним правцима деловања дуж којих су само померене како би слика била јаснија. Приметимо да нормална сила сада, за разлику од приказа на слици 4 *не пролази кроз центар гравитације*. Одавде следи да је њен момент у односу на тачку O мањи од момента нормалне компоненте силе гравитације те га стога не поништава у потпуности. "Преостали" момент гравитационе силе који је усмерен од папира ка нама једнак је моменту паралелне компоненте гравитационе силе која ја усмерена кроз папир од нас. Ова два момента се поништавају па је тело у равнотежи.



СЛИКА 6. Статичка равнотежа на стрмој равни – приказ преко компонентних сила контактне силе.

Уколико је раван већег нагиба од оне на слици 6, али још увек не постоје услови за клизање или обртање тела на њој, правац деловања нормалне силе помера се још ближе тачки O (слика 7). Независно од тога, правци силе трења, нормалне силе и гравитационе

силе *морају да прођу кроз исту тачку*. Што је раван већег нагиба, то је ова тачка ближа тачки *O*. До обртања ће доћи када ове силе прођу кроз тачку *O.*



СЛИКА 7. Статичка равнотежа на стрмој равни већег угла нагиба.

Напомињемо да се до истог резултата може доћи ако се силе F_{tr} и N разматрају као „одвојене“ силе, уместо као компоненте јединствене контактне силе, али је тада рачун нешто сложенији.

ЗАХВАЛНИЦА

Рад је делимично финансиран средствима пројеката 174020 и 176021 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, и ICTP-SEENET-MTP пројекта NT03 у оквиру SEENET-MTP Мреже.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Stinner, The story of force: from Aristotle to Einstein, *Physics Education,* **29**, 77 (1994)
2. H. D. Young, R. A. Freedman, Sears and Zemanski's, University Physics, *Addison-Wesley*, 2012
3. B. Bushan, Principles and Applications of Tribology, *Wiley*, 2013
4. V. L. Popov, Contact Mechanics and Friction, Physical Principles and Applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2010).
5. Л. Раденковић, Љ. Нешић, Алгоритам за решавање задатака – корак по корак до тачног решења, *Зборник радова са 5. Међународне конференције о настави физике у средњим школама,* Алексинац 3-5. марта, 169 (2017)
6. I. Aviani, N. Erceg and V. Mešić, Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces, *Physical Review Special Topics—Physics Education Research* **11**, 020137 (2015)
7. W. Sperry, Placing the forces on free-body diagrams, *The Physics Teacher*, **32**, 353 (1994)
8. A. Puri, The art of free-body diagrams, *The Physics Teacher*, **31** (3), 155 (1996)
9. A. M. Nunes, J. P. Silva, Tilted boxes on inclined planes, *American Journal of Physics*, **68**, 1042 (2000)

Osiromašeni uran - mit protiv eksperimenta

Dragoslav Nikezić

Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno matematički fakultet, Institut za fiziku

Apstrakt.U javnosti se često iznose tvrdnje da je povećana učestalost pojave kancera u populaciji Srbije posledica korišćenja municije sa osiromašenim uranom u toku bombardovanja Srbije 1999. godine. U ovom radu se analiziraju nivoi prirodnog zračenja i nivo kontaminacije na teritoriji R Srbije kao i efekti koji se mogu očekivati od primene osiromašenog urana. Prema postojećim podacima zaključuje se da osiromašeni uran nije uzrok povećanog broja kancera i da, ako takvo povećanje postoji, uzroke treba tražiti na drugoj strani.

Ključne reči: osiromašeni uran, merenja na terenu

UVOD

U medijima javnog informisanja, a i na drugim mestima, se dosta često spekuliše da je povećanje broja kancera u Srbiji posledica primene municije sa osiromašenim uranom u toku 1999. godine. Medjutim, do sada, takoreći, nije bilo neke stručne rasprave o ovom pitanju i ovaj rad je pokušaj objašnjenja ove problematike. U radu su korišćeni javno publikovani podaci sa sajta Agencije za zaštitu od zračenja i nuklearnu sigurnost Republike Srbije.

NIVOI DOZA I EFEKTI

Najbolji pokazatelj ozračenosti čoveka je fizička veličina koja se naziva *efektivna doza*. To je zbir energija svih vrsta jonizujućih zračenja apsorbovana u telu čoveka podeljena sa masom, pri čemu se utežnjavanje obavlja po vrsti zračenja i po radijacionoj osetljivosti pojedinih organa. Ova doza se meri u jedinicama Sivert (Sv). Koriste se i manje jedinice, mSv, μSv, nSv. Opseg doza je veoma širok i obuhvata veći broj redova veličine. Sledeća tabela daje pregled nivoa doza i očekivanih efekata.

TABELA 1. Nivoi doza efekti jonizujućih zračenja

Aktivnost	Efektivna doza i efekti
Prekookeanski let	0.1 mSv nema efekta
Granica doze za stanovništvo	1 mSv
Prosečna doza od prirodnog zračenja po godini	2-4 mSv
Srednja svetska vrednost prirodnog zračenja	2.4 mSv
Medicinska dijagnostika	do 10 mSv
Grudni koš (1 film)	0.1 mSv
Snimanje zuba	1.6 mSv
Mamografija	2.5 mSv
PET	3.7 mSv
Snimanje kosti (99Tc)	4.4 mSv nema efekta
CT celo telo	100 mSv

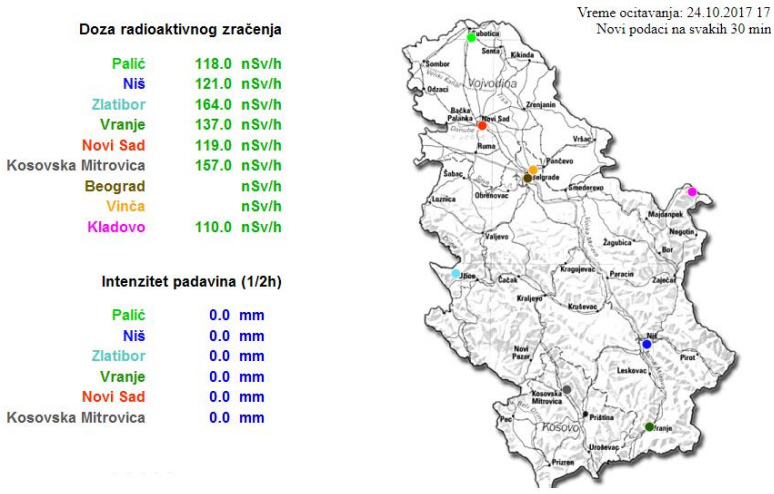
Prirodni fon, Kerala Indija	10-15 mSv	nema efekta
Granica za profesionalna lica (usrednjeno za 5 godina)	20 mSv	nema efekta
Granica za profesionalna lica za 1 g	50 mSv	moguće promene u krvi
Malo povećanje broja kancera u populaciji		
- akutno ozracivanje	100 mSv	povećanje broja kancera
- hronicno ozracivanje		200 mSv
Srednja smrtna doza (čovek bez med. tretmana) akutna ekspozicija	4-5 Sv	50 % umre
Srednja smrtna doza (čovek sa med. tretmana) akutna ekspozicija	7-8 Sv	50 % umre
Destrukcija G-I trakta, oštećenje pluća, sigurna smrt u 5-12 dana (celo telo ozračeno)	10-20 Sv	100 % smrtnost
- Kancer radioterapija (doza u tumoru)		10-100 Sv

Iz prethodne Tabele vidi se da je za malo povećanje broja kancera u populaciji potrebno akutno ozračivanje celokupne populacije sa srednjom dozom od preko 100 mSv, ili, ako je u pitanju hronično ozračivanje onda je to 200 mSv.Veza izmedju efekta i efektivne doze, koja je pokazana u Tabeli 1. je ustanovljena praćenjem zdravstenog stanja velikog broja osoba, koje su ozračene i preživele, atomsko bombardovanje na kraju Drugog Svetskog Rata, u Hirošimi i Nagasakiju.

NIVOI DOZA U SRBIJI

Nivoi doza u Srbiji se konstantno kontrolišu još od šezdestih tih godina prošlog veka. Danas se podaci objedinjuju i javno objavljuju na sajtu Agencije za zaštitu od zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije, http://www.srbatom.gov.rs/srbatom/.

Na linku http://www.srbatom.gov.rs/srbatom/zracenje/index.htm mogu se naći trenutne vrednosti ambijentalnog doznog ekvivalenta na devet lokacija u Srbiji.



SLIKA 1. Kontrolne tačke i izmerene vrednosti doza na dan 24.10.2017.

Srednja izmerena vrednost je oko 120 nSv/h. Preračunato, na godišnjem nivou ovo iznosi:

$$120\cdot10^{-9}\,Sv\cdot24\cdot365=1.05\cdot10^{6}\cdot10^{-9}\,Sv\cong1.05\cdot10^{-3}\,Sv=1\,mSv$$

oko 1 mSv/god. Ovoj vrednosti treba dodati još oko 1 mSv od ozračivanja izazvanog radonom, kao i doprinos od medicinskog i internog ozračivanja, što sve zajedno daje efektivnu dozu oko 2.5 mSv/god. Prema ovim podacima, spoljašnja doza u Srbiji je na nivou srednje svetske vrednosti, i podaci dobijeni merenjem na većem broju lokacija, ne ukazuju na bilo kakvo povećanje. Da bi došlo do povećanja broja kancera potrebne su doze veće od 100 mSv (pri akutnom), ili 200 mSv (pri hroničnom ozračivanju). Doze u Srbiji su daleko ispod ovih vrednosti.

O URANU I OSIROMAŠENOM URANU

U prirodi se uran pojavljuje u obliku tri radioaktivna izotopa ^{238}U , ^{235}U i ^{234}U. Treći izotop ^{234}U je u vrlo malim količinama i može se zanemariti. Odnos broja jezgara ^{238}U i ^{235}U je oko 140 :1, tj., u prirodi ima mnogo više ^{238}U nego ^{235}U. Odnos aktivnosti je $^{235}U/^{238}U$ =0,046 i to je vrednost koja se meri. Odstupanje odnosa aktivnosti na jednu ili drugu stranu svedoči o poremećenom odnosu ova dva izotopa. Ako ima više ^{235}U onda je ovaj odnos veći od 0,046. Za nuklearno gorivo i (ranije) nuklearne eksplozive koristi se ^{235}U. Iz prirodnog urana izvlači se ^{235}U i ostaje čist ^{238}U i to se naziva *osiromašeni uran*. Nakon prerade prirodnog urana ostaje velika količina osiromašenog urana, koji ima veći broj primena u industriji i tehnici. Takodje se koristi kao penetrator protiv oklopnih vozila u ratnim uslovima, zbog velike gustine.

Mnogobrojna merenja pokazala su prisustvo urana u tlu. To je sveprisutni element. Opseg vrednosti je vrlo širok. Srednja svetska vrednost aktivnosti ^{238}U u tlu je oko 35Bq/kg: http://www2.lbl.gov/abc/wallchart/chapters/15/3.html. Ima ga i u okeanskoj vodi, stenama i drugde.

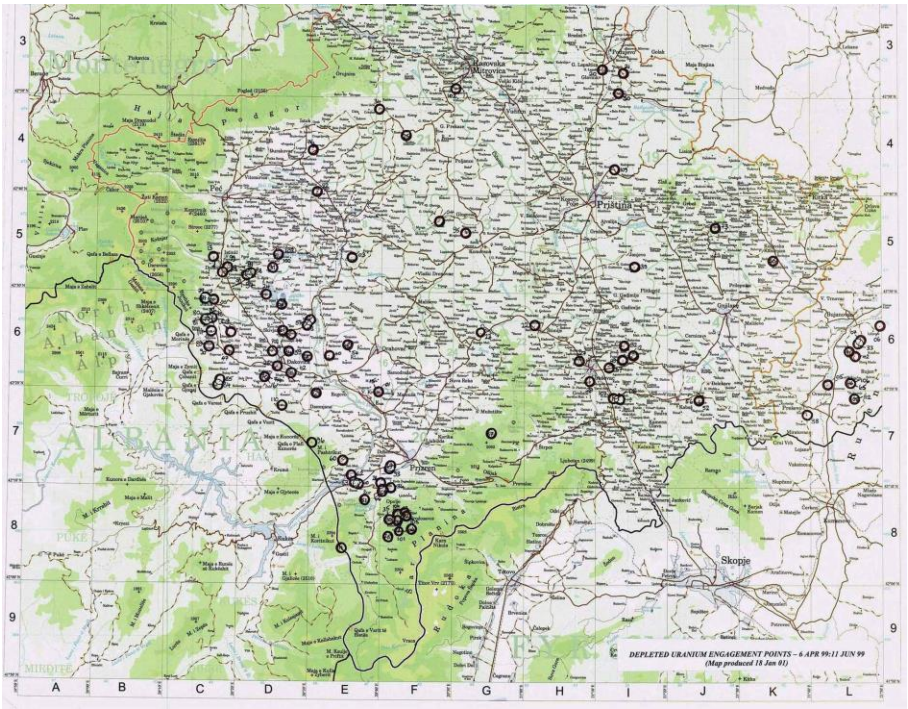
Ako se preračuna koliko je to urana u tlu, na teritoriji Srbije, recimo do dubine od oko 1m, dolazi se do vrednosti od oko 600 000t.

Prema podacima koje je izdao NATO, na Srbiju je bačeno ukupno oko 10t osiromašenog urana, te je to beznačajno mali dodatak već postojećoj količini. Primenjena količina ne može značajnije da poremeti radijacionu situaciju i nivoe doza u Srbiji. Lokacije na kojima je radioaktivna municija primenjivana su prikazane na slici 2. Van ove mape, postoje još dve lokacije, jedna je na planini Plačkovica kod Vranja i jedna je na rtu Arza u CG. Vidi se da je većina lokacija na teritoriji Kosova, a svega nekoliko je na teritoriji van Kosova i sve, sem jedne, su južno od Vranja.

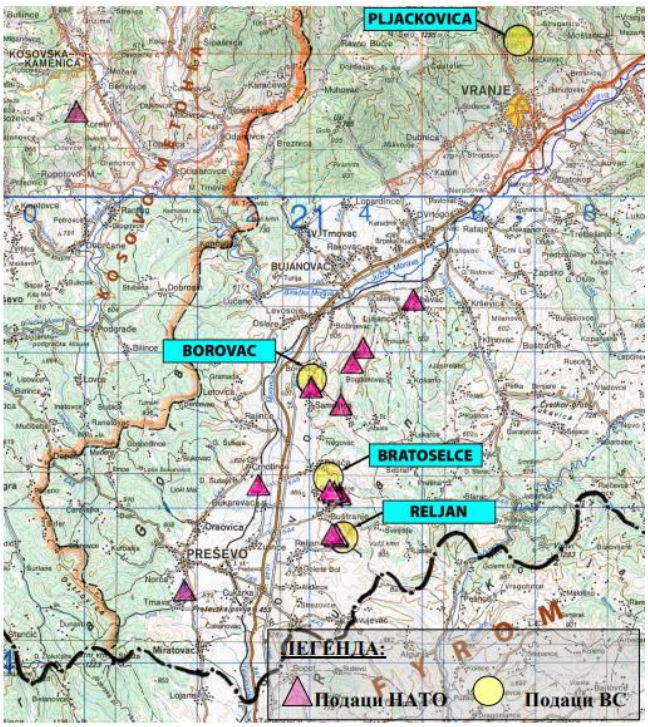
DEKONTAMINACIJA TERENA I KONTROLA RADIOAKTIVNOSTI NA BOMBARDOVANIM LOKACIJAMA

Lokacije u Srbiji (van Kosova) i u CG na kojima je korišćen osiromašeni uran su očišćene u periodu 2002 do 2007. Efikasnost čišćenja je vrlo visoka, jer se projektili lako pronalaze u tlu običnim GM brojačima. Posle čišćenja preduzeta su merenja radi procene da li je došlo do prodiranja OU u okolna tla, vode i biljke. Poslednji izveštaj (kao i prethodni izveštaji) koji je podneo Institut Vinča, se može naći na sajtu agencije:
http://www.srbatom.gov.rs/srbatom/doc/Izvestaj%20Jug%20Srbije%202016%20Zastita.pdf

Posle dekontaminacije preduzete su mere merenja radi utvrdjivanja da li je došlo do prodora osiromašenog urana u hranu i vodu. Lokacije sa kojih su uzeti uzorci su date na Slici br. 3.



SLIKA 2. Lokacije na kojima je primenjivan osiromašeni uran.



SLIKA 3. Lokacije na kojima su uzeti uzorci radi merenja odnosa $^{235}U/^{238}U$.

Rezultati su dati u sledećim tabelama.

TABELA 2. Koncentracija prirodnih i veštačkih radionuklida u uzorcima zemljista

Мерно место	Специфична активност радионуклида (Bq/kg)						
БРАТОСЕЛИЦЕ	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U	^{235}U/^{238}U
Југ	127 ± 8	61 ± 6	1010 ± 70	12 ± 1	130 ± 10	6,8 ± 0,7	0,054
Исток	82 ± 6	50 ± 5	820 ± 60	8 ± 1	90 ± 10	4,0 ± 0,5	0,044
Центар	125 ± 7	77 ± 8	1060 ± 70	9,3 ± 0,8	150 ± 10	8,8 ± 0,6	0,059
Север	124 ± 7	64 ± 4	970 ± 60	9,3 ± 0,7	140 ± 10	6,9 ± 0,5	0,05
Запад	133 ± 9	81 ± 7	1030 ± 70	3,7 ± 0,8	170 ± 20	8,1 ± 0,7	0,047

TABELA 3. Uzorci tla sa bombardovanih lokacija

Југ	30 ± 2	55 ± 4	810 ± 50	6,1 ± 0,4	31 ± 5	1,3 ± 0,2	0,042
Исток	38 ± 2	51 ± 4	760 ± 50	9,8 ± 0,7	50 ± 5	2,5 ± 0,2	0,05
Центар	40 ± 3	70 ± 5	840 ± 50	1,9 ± 0,3	48 ± 6	2,6 ± 0,3	0,055
Север	32 ± 3	63 ± 6	830 ± 60	61 ± 4	36 ± 10	1,5 ± 0,4	0,042
Запад	23 ± 2	87 ± 7	910 ± 60	6,2 ± 0,5	34 ± 6	1,6 ± 0,2	0,046
ПЉАЧКОВИЦА	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{238}U	^{235}U	^{235}U/^{238}U
Југ	46 ± 3	53 ± 5	680 ± 40	51 ± 3	390 ± 20	8,6 ± 0,6	0,022
Исток	24 ± 2	33 ± 4	450 ± 30	16 ± 1	34 ± 5	1,6 ± 0,2	0,047
Центар	15 ± 1	32 ± 3	430 ± 30	1,2 ± 0,2	32 ± 4	1,5 ± 0,2	0,048
Север	28 ± 2	35 ± 3	480 ± 30	5,8 ± 0,5	36 ± 5	1,9 ± 0,2	0,052
Запад	54 ± 3	59 ± 6	700 ± 40	1,2 ± 0,3	76 ± 7	3,6 ± 0,3	0,046

U Uzorcima tla sa bombardovanih lokacija odnos ^{235}U/^{238}U je u granicama greške merenja oko 0.046 što je prirodni odnos. Samo je na jednoj lokaciji na Pljačkovici pronadjeno znatno smanjenje ovog odnosa na 0.022. Ova lokacija je takodje tipična po vrlo visokoj koncentraciji ^{238}U. U svetu je nadjen veći broj lokacija na kojima je odnos dva izotopa urana odstupa na jednu ili drugu stranu od srednje vrednosti. U ovom konkretnom slučaju nije jasno da li je ovo prirodno poremećen odnos, ili je posledica primene OU. Takodje primećeno je da je na nekim lokacijama aktivnost ^{235}U dosta veća od 0.046, (to bi bio „obogaćeni uran“) što je verovatno prirodna pojava poremećene ravnoteže.

Ovi rezultati govore da nema osiromašenog urana u tlu ispitivanih lokacija. Nije došlo do kontaminacije okolnog područja, koje je u neposrednoj blizini bombardovanih mesta.

TABELA 4. Koncentracije u vodama sa terena

Мерно место	**Специфична активност радионуклида (Bq/L)**					
БРАТОСЕЛИЦЕ	^{226}**Ra**	^{232}**Th**	^{40}**K**	^{137}**Cs**	^{238}**U**	^{235}**U**
Бунар у селу	0,061 ± 0,007	0,024 ± 0,006	0,28 ± 0,04	< 0.001	< 0,04	< 0,003
Вода из двориштa	0,058 ± 0,009	0,04 ± 0,01	0,25 ± 0,05	< 0.003	< 0,08	< 0,004
РЕЉАН	^{226}**Ra**	^{232}**Th**	^{40}**K**	^{137}**Cs**	^{238}**U**	^{235}**U**
Вода узета са јавне чесме поред школе	< 0,03	< 0,02	0,10 ± 0,03	< 0,004	< 0,08	< 0,004
Вода узета из чесме код џамије	< 0,02	< 0,02	0,09 ± 0,03	< 0,004	< 0,08	< 0,004

U uzorcima voda i biljaka uzetim sa terena, nisu nadjene nikakve povećane vrednosti urana niti drugih radioaktivnih izotopa. INN Vinča sprovodi ovakva merenja svake godine, počev od 2011. Rezultati se ne razlikuju bitno od godine do godine.

ZAKLJUČAK

1. Nivo spoljašnjeg zračenja na teritoriji Srbije je u granicama tipičnim za ceo svet. Nema povećanja doza od spoljašnjeg zračena.

2. OU je korišćen na relativno malom broju lokacija na teritoriji Srbije van Kosova. Lokacije su očišćene sa velikom efikasnošću. Čak i bez čišćenja ukupna količina je nedovoljna za znatno povećanje doze na teritoriji RS.

3. Merenja preduzeta na terenu ne pokazuju prodiranje OU u tlo, vodu ili biljke.

4. Kontaminacija je bila lokalnog karaktera i nema govora o nekakvom zagadjenju cele teritorije Srbije.

Kao glavni zaključak navodi se sledeće: opasnost od osiromašenog urana **NE POSTOJI** i da se sa time manipuliše iz raznoraznih političkih/politikantskih i drugih razloga.

REFERENCE

Podaci navedeni u ovom radu koji se odnose na merenje osiromašenog urana su preuzeti sa sajta Agencije za zaštitu od zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije. http://www.srbatom.gov.rs/srbatom/ autora:

Dragana Todorović, Gordana Pantelić, Marija Janković, Jelena Nikolić, Nataša Sarap, Milica Rajčić. ISPITIVANJE SADRŽAJA RADIONUKLIDA U ŽIVOTNOJ SREDINI U 2016. GODINI NA LOKACIJAMA NA KOJIMA JE DEJSTVOVANO OSIROMAŠENIM URANIJUMOM. http://www.srbatom.gov.rs/srbatom/doc/Izvestaj%20Jug%20Srbije%202016%20Zastita.pdf

Korelacije- neraskidiva veza fizike i matematike

Patricija Nikolaus, Danijel Hribar

Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka, Rijeka, Republika Hrvatska

Apstrakt. U radu će biti prikazano modeliranje nastavnih sadržaja fizike uz korištenje matematike kao alata na primjerima numeričkih zadataka iz nastavne prakse plana i programa za opću i prirodoslovno-matematičku gimnaziju. Primjeri numeričkih zadataka sadržavati će sadržaje iz područja Kvadratna funkcija i kvadratna jednadžba, Trigonometrija pravokutnog trokuta, Poučci o trokutu, Primjena eksponencijalne i logaritamske funkcije.

Ključne riječi: modeliranje, korelacija, fizika, matematika.

UVOD

Poučavajući matematiku i fiziku često nailazimo na pitanja poput „Zašto to učimo?“ i „Gdje će nam to u životu trebati?“. Pitanja učenika treba shvatiti ozbiljno te se potruditi dati adekvatne odgovore. Odgovori poput „To je u programu i zato to učite...“ sigurno neće poticajno djelovati na učenike. Svaki nastavnik treba se potruditi objasniti zašto nešto učimo. Navesti i objasniti razloge za to nije uvijek lako. Npr. „Učenje računa s postocima pomoći će nam prilikom kupovine na sniženjima ili računanja dohotka nakon povećanja za određeni postotak ...“ Ovakav odgovor sigurno će motivirajuće djelovati na učenike,a znamo da motiviran učenik uči i usvaja nove pojmove daleko bolje i uspješnije od nemotiviranog za rad. Teško je biti motiviran 7 sati na dan, 5 dana u tjednu[1].

Veliku važnost u nastavi matematike ima matematičko modeliranje. Amalija Žakelj u svom radu [2] navodi da je matematičko modeliranje pronalaženje i testiranje matematičkog prikaza (modela) za neki realan objekt ili proces. U odabrane situacije unosimo načela i principe matematike i tako prevodimo realnost u matematičku okolinu. Modeliranje pretpostavlja poznavanje modeliranih pojava (fizičkih zakona), matematičkih alata, tehnika modeliranja i kritičnosti kod upotrebe modela. Kod sastavljanja matematičkog modela poštujemo fizičke ili neke druge zakone[1,2].

Osim korelacije unutar samog predmeta korisno je u nastavi kada je to moguće uključiti i korelaciju među predmetima. U ovom radu će uz modeliranje matematičkih pojmova naglasak biti upravo na korelaciji matematike i fizike. Navest ćemo sedam primjera matematičkog modeliranja fizičkih zakona,te istaknuti neke od problema koji se javljaju prilikom njihovog rješavanja. Jedan od problema je nemogućnost koreliranja među predmetima u trenutku učenja određenog nastavnog sadržaja [1].

Dio ovog rada objavljen je pod nazivom Modeliranje nastavnih sadržaja fizike uz korištenje matematike kao alata na 10. stručno-metodičkom skupu nastavnika matematike u Puli 2017. godine.

МОДЕЛИРАЊЕ КВАДРАТНОМ ФУНКЦИЈОМ

Primjer 1. Ugledavši autobus na stanici čovjek potrči prema njemu stalnom brzinom od 4 m/s. Došavši na udaljenost 6m iza zadnjih vrata autobusa, autobus kreće sa stanice stalnim ubrzanjem od 1.2 m/s^2. Za koliko vremena će čovjek stići do zadnjih vrata autobusa[3]?

Rješenje:

$$s_č = v_č t \qquad s_a = s_0 + \frac{1}{2}at^2$$

$$s_č = s_a$$

$$4t = 6 + 0.6t^2$$

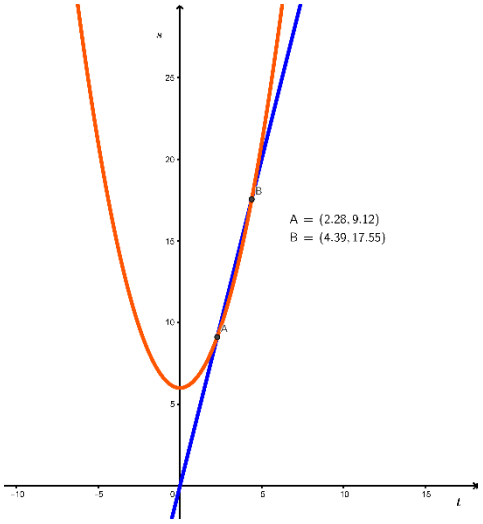
Nakon sređivanja dobije se kvadratna jednadžba oblika:

$$3t^2 - 20t + 30 = 0$$

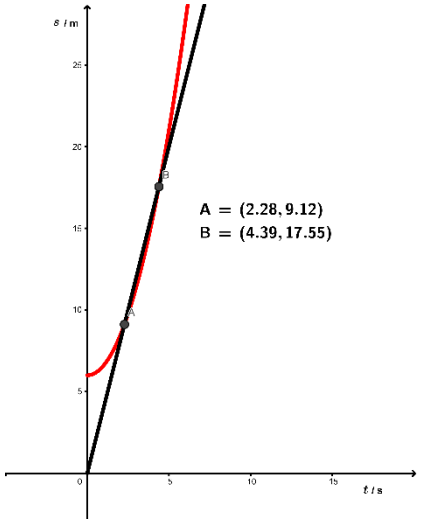
s rješenjima $t_1 = 2.28\ \text{s}$ i $t_2 = 4.39\ \text{s}$

Rješenje t_1 predstavlja vrijeme koje je čovjeku potrebno da prvi put stigne do vrata. To je rješenje zadatka gledano sa stajališta fizike, budući se čovjek ukrcao u autobus. No što je s rješenjem t_2? Rješavanjem kvadratne jednadžbe dobijemo i „drugo“ rješenje tj. mogućnost da je čovjek nastavio trčati konstantnom brzinom i prestigao autobus. Budući da autobus jednoliko ubrzava u trenutku t_2 će sustići čovjeka i on će imati „drugu priliku“ za ukrcaj.

Ovaj zadatak moguće je zadati i na nastavi matematike u 2.razredu srednje škole, pri obradi primjene kvadratne jednadžbe ili pri obradi presjeka pravca i parabole(slika 1a) s naglaskom na izbor varijable $t \in [0, +\infty\rangle$(slika 1b).



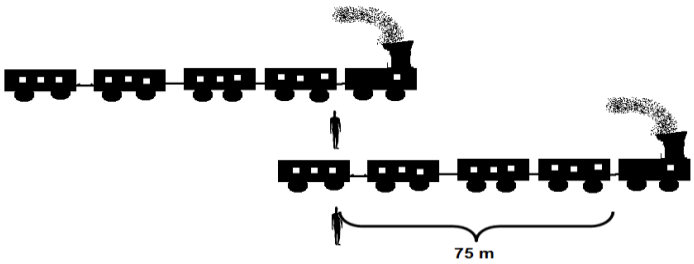
SLIKA 1 a. Grafički prikaz u matematici



SLIKA 1 b. Grafički prikaz u fizici

Na nastavi fizike u 1.razredu srednje škole nije moguće zadati zadatak s ovim podacima budući se kvadratna jednadžba obrađuje na nastavi matematike tek u 2.razredu srednje škole. Ukoliko se u zadatku uzmu sljedeće vrijednosti $v_č = 5\frac{m}{s}$, $a = 2\frac{m}{s^2}$, $s_0 = 6m$, onda se kvadratna jednadžba $t^2 - 5t + 6 = 0$ može rastavom na faktore kvadratnog trinoma napisati u obliku $(t-3)(t-2) = 0$, s rješenjima $t_1 = 2\ \text{s}$ i $t_2 = 3\ \text{s}$[1].

Primjer 2. Promatrač stoji na peronu i primjeti da prvi vagon vlaka, koji ulazi u postaju jednoliko se usporavajući, prođe pokraj njega za 4 s, a drugi vagon za 5 s. Prednji kraj prvog vagona vlaka zaustavi se 75 m od mirnog promatrača Kolika je početna brzina vlaka kad počinje prolaziti pokraj promatrača [4]?



SLIKA 2. Skica uz postavku zadatka

Rješenje:

Ulazeći u postaju prvi vagon vlaka koji jednoliko usporava prolazi pokraj mirnog promatrača i za $t = 4s\ h$ prijeđe put koji je jednak duljini jednog vagona

$$l = v_0 t - \frac{a}{2}t^2 \Longrightarrow l = 4\text{s} \cdot v_0 - 8s^2 \cdot a. \quad (1)$$

Na isti način drugi vagon u vremenu $t_1 = 5s$ prijeđe put jednak duljini vagona,

$$l = 5\text{s} \cdot v_1 - \frac{25}{2}\text{s}^2 \cdot a. \quad (2)$$

Poznavajući vezu između brzina v_1 i v_0 tj.$v_1 = v_0 - at$ i uvrštavanjem u izraz (2) dobijemo izraz za duljinu vagon

$$l = 5\text{s} \cdot v_0 - \frac{65}{2}\text{s}^2 \cdot a \quad (3)$$

Izjednačavajući izraze (1) i (3) slijedi

$$v_0 = \frac{49}{2}\text{s} \cdot a. \quad (4)$$

Budući je do zaustavljanja vlaka prvi vagon prešao put od 75 m (slika 2.) možemo iz izraza za brzinu kod jednolikog usporenog gibanja $v^2 = v_0^2 - 2as$ dobiti izraz koji povezuje ubrzanje vagona i početnu brzinu v_0

$$a = \frac{v_0^2}{150\text{m}}. \quad (5)$$

Uvrštavanjem izraza (5) u izraz (4) dobijemo kvadratnu jednadžbu oblika

$$\frac{49\text{s}}{300\text{m}}v_0^2 - v_0 = 0 \Rightarrow v_0\left(\frac{49\text{s}}{300\text{m}}v_0 - 1\right) = 0 \quad (6)$$

s rješenjima $v_{01} = 0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ i $v_{02} = \frac{300}{49}\frac{m}{s}$.

Na nastavi fizike rješenje v_{01} odbacujemo jer se vagon giba jednoliko usporeno pa mu početna brzina mora biti različita od nule. Jednadžbu (6) možemo dijeliti sa v_0 znajući da time ne gubimo rješenje. Ovaj zadatak možemo zadati i na nastavi matematike u 2.razredu srednje škole prilikom obrade primjene kvadratne jednadžbe.Ukoliko se nastavnik matematike odluči za zadavanje ovakvog i sličnih zadataka potrebno je s učenicima prokomentirati rješenja v_{01} i v_{02}.

Primjer 3.Na kojoj visini$h$iznad površine Zemlje ubrzanje slobodnog pada g_h je četiri puta manje nego ubrzanje slobodnog pada g_Z na površini Zemlje[4]?

Rješenje:

$$g_Z = G\frac{M}{R^2} \quad g_h = G\frac{M}{(R+h)^2}$$

$$\frac{g_h}{g_Z} = \frac{G\frac{M}{(R+h)^2}}{G\frac{M}{R^2}}$$

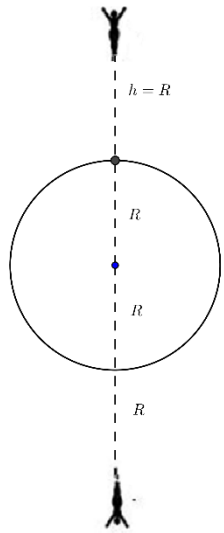
$$\frac{1}{4} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$4R^2 = (R+h)^2$$

U 1.razredu srednje škole na nastavi fizike zadatak rješavamo na način da jednakost korjenujemo. Dolazimo do rješenja zadatka

$$2R = R + h \Longrightarrow h = R.$$

U nastavi matematike isti zadatak može se rješavati u 2. razredu srednje škole rješavanjem kvadratne jednadžbe oblika $h^2 + 2Rh - 3R^2 = 0$ s rješenjima $h_1 = R$ i $h_2 = -3R$.

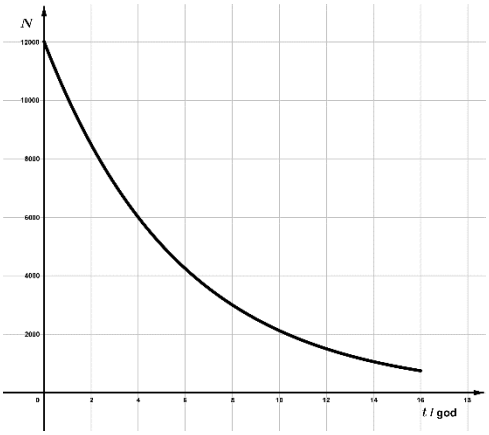


SLIKA 3. Slikoviti prikaz rješenja

Sa stajališta fizike rješenje h_2 ima isto značenje kao i rješenje h_1 , te se stoga ni ne navodi (slika 3.) [1].

Modeliranjeeksponencijalnom i logaritamskom funkcijom

Primjer 4. Raspad nekog elementa dan je grafom. Odredite broj neraspadnutih čestica nakon 19 godina?



SLIKA 4. Grafički prikaz raspada nekog elementa

Rješenje: „Čitajući graf“ (slika 4.) zaključujemo $N_0 = 12000,\ T_{1/2} = 4\ \text{god}, t = 19\ \text{god}$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$$N = 445$$

Primjer 5.Radnim danom razina buke blizu autoputa kada tijekom jedne minute prolazi oko 100 automobila iznosi 70 dB. Vikendom tijekom jednakog vremena prolazi oko 25 automobila. Kolika će tada biti razina buke na istom mjestu [4]?

Rješenje:

$$I_1 = 100\, I \quad ;\ I_2 = 25\, I$$

$$L_2 - L_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$L_2 - L_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} + L_1$$

$$L_2 = 10 \log \frac{25I}{100I} + 70\text{dB}$$

$$L_2 = 63.98\ dB$$

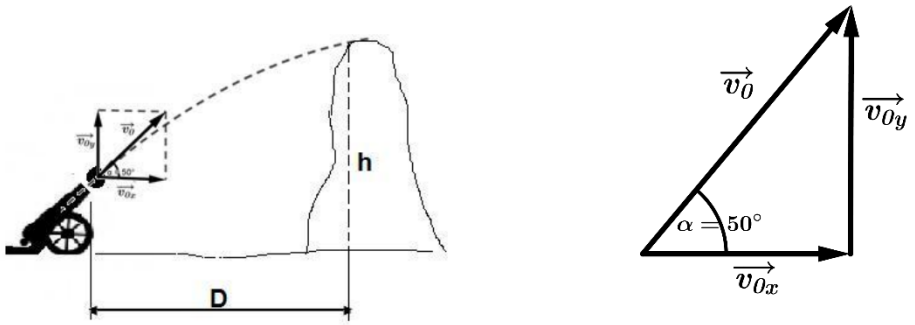
Ovaj se zadatak na nastavi fizike rješava u 3. razredu srednje škole bez poteškoća jer su učenici usvojili pojmove vezane za logaritamsku funkciju u 2.razredu srednje škole.

Ukoliko ovaj zadatak zadajemo prilikom obrade primjene logaritamske funkcije u 2.razredu srednje škole dolazimo do poteškoća vezanih za fizikalno razumijevanje samog problema. Učenici koriste izraz$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ kao gotovu „formulu“ u koju moraju uvrstiti podatke[1].

MODELIRANJE TRIGONOMETRIJOM PRAVOKUTNOG TROKUTA

Primjer 6. Projektil je izbačen s tla početnom brzinom od 95 m/s pod kutom od 50° prema horizontali. Nakon 5 s udara u vrh brda. Kolika je visina brda? Na kojoj horizontalnoj udaljenosti od mjesta ispucavanja će projektil pasti na brdo[3]?

Rješenje:



SLIKA 5. Skica uz rješenje zadatka

$v_0 = 95\frac{m}{s}$; $\alpha = 50°$; $t = 5s$

Komponente početne brzine dobijemo primjenom trigonometrijskih funkcija šiljastoga kuta na zadani pravokutni trokut (slika 5.)

$$v_{0x} = v_0 cos\alpha = 61{,}1 \text{ m/s}$$
$$v_{oy} = v_0 sin\alpha = 72{,}8 \text{ m/s}$$

U bilo kojem trenutku visina projektila dobije se iz izraza

$$h = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$h = 241\ m$$

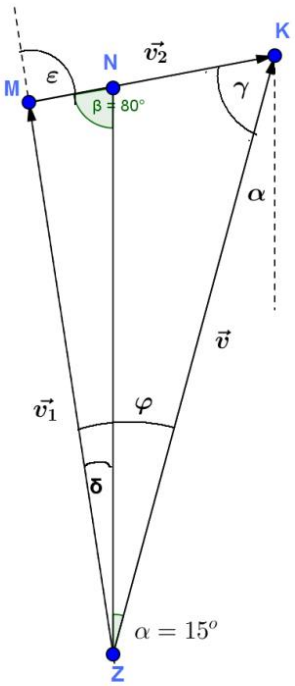
Put prijeđen u horizontalnom smjeru jednak je

$$D = v_{0x}t \Rightarrow D = 305\ m$$

Zadatak jena nastavi fizke u 1.razredu srednje škole moguće zadati učenicima ako su mjere šiljastih kutova u pravokutnom trokutu 30°, 45° ili 60° . Na nastavi matematike ovakav zadatak zadajemo prilikom obrade primjene trigonometrije pravokutnog trokuta za bilo koji odabir veličine šiljastoga kuta.

Modeliranje poučcima o trokutu

Primjer 7. Sportski zrakoplov koji može letjeti brzinom 180 km/h u odnosu na zrak treba doletjeti iz mjesta Z prema sjeveru u mjesto K. Smjer Z-K zatvara s meridijanom kut α=15°, a za vrijeme leta sa zapada puše vjetar brzine 60 km/h koji s meridijanom zatvara kut β=80°. Odredi smjer leta i brzinu zrakoplova[5]?



SLIKA 6. Vektorski prikaz brzina

Rješenje:

Brzina $\vec{v}$ kojom se zrakoplov giba u odnosu na površinu Zemlje rezultantna je brzina zrakoplova u odnosu na zrak $\overrightarrow{v_1}$i brzine vjetra $\overrightarrow{v_2}$.

$$\beta = \alpha + \gamma \Rightarrow \gamma = 65°$$

Promatrajući trokut ZKM sa slike 6. primjenom poučka o sinusima dobivamo

$$\frac{v_2}{sin\varphi} = \frac{v_1}{sin\gamma} \Rightarrow sin\varphi = \frac{v_2 sin\gamma}{v_1}\text{tj.}$$

$$\varphi = 17.58°$$

Dakle, zrakoplov treba letjeti pod kutem $\delta = \varphi - \alpha = 2.58°$ prema sjeverozapadu.
Mjera kuta između vektora $\overrightarrow{v_1}$ i $\overrightarrow{v_2}$ je $\varepsilon = \gamma + \varphi = 82.58°$ i primjenom poučka o kosinusu na trokut ZKM sa slike 6. slijedi

$$v^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 cos(\pi - \varepsilon) \Rightarrow v = 197\ \text{km/h}$$

Iako sadržaj zadatka pripada nastavnoj temi fizike 1.razreda srednje škole , učenici nemaju dovoljno matematičkog predznanja da bi ovaj zadatak uspješno riješili. To će biti moguće tek nakon obrade Poučaka o trokutu u 3.razredu srednje škole na nastavi matematike.
Ovakav zadatak možemo zadati učenicima na nastavi matematike pri ponavljanju gradiva cjeline Poučci o trokutu na kojem će učenici povezati i primjeniti usvojene nastavne sadržaje fizike 1.razreda srednje škole [1].

U ovom radu ukazali smo na neraskidivu vezu matematike i fizike. Međutim neusklađenost Nastavnog plana i programa matematike i fizike često dovodi do poteškoća prilikom rješavanja pojedinih numeričkih primjera u danom trenutku. Nastavnici matematike i fizike trebali bi veliku važnost usmjeriti na interpretaciju dobivenih rješenja.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se našim učenicima što nas potiču da budemo bolji nastavnici.

LITERATURA

1. P. Nikolaus, D. Hribar, Modeliranje nastavnih sadržaja fizike uz korištenje matematike kao alata, Zbornik radova 10. stručno-metodički skup Modeliranje i matematika, 306-315, 2017.
2. A. Žakelj, Modeliranje u nastavi matematike, *MIŠ*, Br.78 (2015), 105-110. http://mis.element.hr/fajli/1369/78-03.pdf (28.06.2017.)
3. A. Halpern, 3000 solved problems in Physics, Schaum's Outline Series, USA, *Mc Graw Hill*, 2011.
4. N. Brković, Zbirka zadataka iz fizike, *Luk d.o.o*, Zagreb, 2001.
5. S. Muić, Fizika, Zbirka zadataka za srednje škole, *Element,* Zagreb, 2005.

Konceptualno razumijevanje grafičkih prikaza u fizici

Patricija Nikolaus[1], Vesko Nikolaus[2]

[1]*Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka, Rijeka, Republika Hrvatska*
[2]*Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Rijeka, Rijeka, Republika Hrvatska*

Apstrakt. U 2009. godini, proveli smo istraživanje čiji je cilj bio ispitati koliko učenici četvrtih razreda srednje škole, koji uče fiziku i matematiku četiri godine, razumiju i primjenjuju temeljna fizička znanja i koncepte iz prethodna tri razreda na primjerima grafičkih prikaza. Ispitivanje je provedeno testom koji je sačinjavao deset zadataka zatvorenog tipa iz područja mehanike, topline, elektrostatike, elektrodinamike i mehaničkog titranja. Iz rezultata testa, koji ispituje samo pojedine nastavne teme, zaključili smo kakvo je konceptualno razumijevanje naših učenika kao temeljna komponenta prirodoznanstveno pismene osobe. Od tog vremena do danas u Republici Hrvatskoj naglasak u poučavanju se stavlja upravo na konceptualno razumijevanje fizičkih sadržaja. Cilj nam je ispitati kroz isti test razumijevanje grafičkih prikaza u fizici današnje generacije učenika četvrtih razreda te ga usporediti s rezultatima ispitivanja iz 2009. godine, a u svrhu potvrde ili negacije poučavanja u nastavi fizike temeljeno na konceptualnom razumijevanju fizičkih sadržaja.

Ključne riječi: koncept**,** konceptualno razumijevanje, grafički prikaz, zadaci zatvorenog tipa.

UVOD

Konceptualno razumijevanje je stanje prikaza koncepata u učeničkom umu i njihovo međusobno povezivanje. Cilj na razini konceptualnog razumijevanja nije zapamtiti i reproducirati znanje nastavnika, odnosno zapamtiti podatke, nego osvijestiti zadatak koji treba obaviti na razini tumačenja i zaključaka te kritičke procjene rezultata [1]. Sposobnost uspješnog rada s grafovima ne razvija se spontano ili zapamćivanjem jednostavnih postupaka poput crtanja točaka u koordinatnom sustavu, očitavanja koordinata točaka i sl. Takav površan pristup problemskom rješavanju primjenjuje se u okviru tradicionalne, matematički orijentirane nastave i ne rezultira konceptualnom razumijevanju [2]. Među odgovorne faktore, koji nemaju matematičku pozadinu, ubraja se nesposobnost interpretacije grafičkih prikaza, tj. nesposobnost njihova povezivanja s fizičkim konceptima i s realnim svijetom. Takva priroda poteškoća pojavljuje se neovisno o dobi učenika i razini obrazovanja, što potvrđuje činjenica da tradicionalni naglasak na algebarskom formalizmu ne vodi do kvalitativnog razumijevanja fizičkih koncepata [2].

U posljednjih dvadesetak godina na svim razinama i u svim disciplinama obrazovanja vidljiv je pomak u ciljevima nastave od jednostavnoga usvajanja znanja o znanstvenim činjenicama (deklarativno znanje) do dubljeg učeničkog razumijevanja glavnih koncepata unutar pojedine znanstvene discipline. Naglasak na konceptualnom razumijevanju proizlazi iz činjenice da je nemoguće usvojiti sve veći opseg znanja u pojedinom području. Te činjenice utječu i na reforme školstva u mnogim zemljama, no prijelaz na nastavu orijentiranu na dublje konceptualno razumijevanje često zvuči jednostavno dok je u stvarnosti to izazov i u teoriji i u praksi [3].

Istraživanje je provedeno na populaciji od 427 učenika trećih i četvrtih razreda srednjih škola na području Primorsko-goranske županije (Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka, Prva sušačka hrvatska gimnazija u Rijeci, Srednja škola za elektrotehniku i računalstvo) i Grada Zagreba (III.

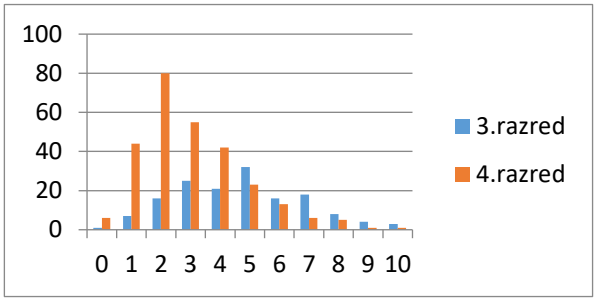
Gimnazija) koji nastavni predmet Fiziku slušaju dva odnosno tri sata tjedno kroz četiri godine srednjoškolskog obrazovanja. Cilj istraživanja je utvrditi postoje li kvantitativne značajne razlike u konceptualnom razumijevanju grafičkih prikaza u fizici između učenika koji su sudjelovali u istom istraživanju 2009. godine u odnosu na današnju populaciju učenika, te postoji li međusobna razlika u konceptualnom razumijevanju učenika trećih i četvrtih razreda srednje škole.

Za istraživanje je konstruiran instrument u obliku testa sačinjen od 10 pitanja zatvorenoga tipa iz područja mehanike, topline, elektrostatike, elektrodinamike i mehaničkog titranja kojim se ispituje konceptualno razumijevanje temeljnih koncepata iz navedenih područja fizike.

ANALIZA I DISKUSIJA REZULTATA

Na grafikonu 1. prikazana je ukupna riješenost testa u trećim i četvrtim razredima obzirom na broj točnih odgovora. Od ukupno 276 učenika četvrtih razreda dva učenika imaju 9 i 10 točnih odgovora, što čini 0,72% od ukupnoga broja učenika. Najviše učenika, njih 80, što čini 28,9% ima dva točna odgovora, dok njih šest nema niti jedan točan odgovor. Uspoređujući taj rezultat s rezultatom iz 2009. godine [4] kada je pet od 274 učenika točno odgovorilo na 9 i 10 pitanja, možemo zaključiti da je riješenost približno jednaka.

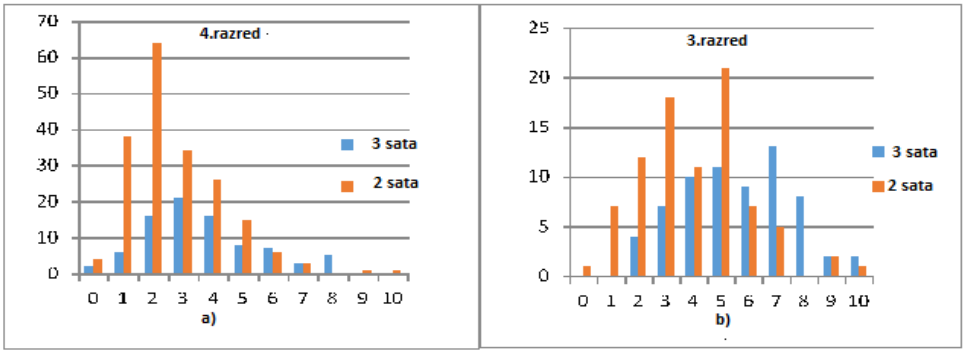
Od ukupno 151 učenika trećih razreda troje učenika ima 10 točnih odgovora, a četvero učenika devet točnih odgovora, što zajedno čini 4,6 % od ukupnog broja učenika. Najviše učenika, njih 32, što čini 21,2% ima pet točnih odgovora, dok svega jedan učenik nema niti jedan točan odgovor.



GRAFIKON 1. Ukupna riješenost testa u trećim i četvrtim razredima

Ako usporedimo rezultate trećih i četvrtih razreda svih učenika vidljivo je da učenici trećih razreda postižu bolje rezultate. Da li bolji rezultat koji postižu učenici u trećim razredima proizlazi iz činjenice da je ispitivano konceptualno razumijevanje obrazovnih ishoda učenja „svježije“ u odnosu na učenike četvrtih razreda trebalo bi utvrditi.

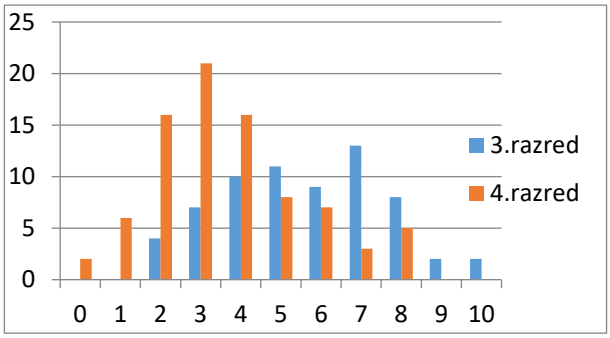
Nadalje nas interesira, postižu li bolje rezultate učenici koji prema Nastavnom planu i programu fiziku slušaju dva ili tri sata tjedno? Prema rezultatima istraživanja prikazanim na grafikonu 2a., usporedimo li riješenost testa učenika četvrtih razreda možemo zaključiti da nema značajne razlike u usporedbi rješivosti testa u odnosu na broj sati nastave fizike, a u odnosu na broj učenika koji su sudjelovali u istraživanju. Ako usporedimo ovo istraživanje s onim iz 2009. godine gdje se ispitivao isti odnos [4] vidljivo je da je tada potvrđena razlika u broju točnih odgovora u odnosu na broj sati nastave fizike tjedno. Možemo se zapitati što je uzrok takvom rezultatu?



GRAFIKON 2. Usporedba riješenosti testa u četvrtim (a) i trećim (b) razredima s dva i tri sata nastave fizike tjedno

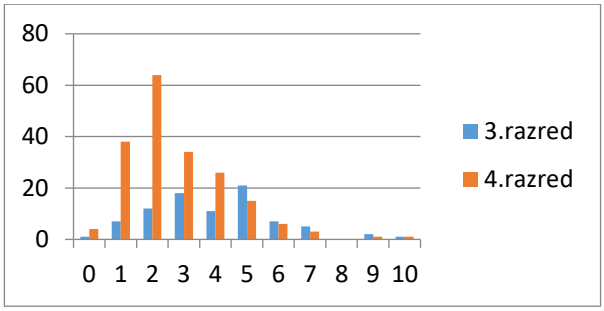
Ako pogledamo rezultate trećih razreda, a uspoređujući broj sati nastave fizike tjedno s rezultatima na testu, možemo zaključiti da učenici koji prema Nastavnom planu i programu imaju fiziku tri sata tjedno postižu bolje rezultate u odnosu na učenike koji imaju fiziku dva sata tjedno. Iz grafikona 2b., vidljivo je da nema niti jednog učenika koji nije odgovorio točno niti na jedno pitanje ili ima jedan točan odgovor, a sluša fiziku tri sata tjedno. Za razliku od učenika koji slušaju fiziku dva sata tjedno, njih 5,3% nema niti jedan točan odgovor. Uspoređujući riješenost testa s brojem nastavnih sati tjedno možemo zaključiti da učenici koji slušaju fiziku tri sata tjedno u većem broju, njih 68,2% postiže prolazne rezultate u odnosu na 42,4% učenika koji slušaju fiziku dva sata tjedno.

Usporedimo li rezultate učenika trećih i četvrtih razreda koji slušaju fiziku tri sata tjedno, grafikon 3., vidljivo je da učenici trećih razreda postižu bolje rezultate u odnosu na učenike četvrtih razreda. Kod učenika trećih razreda njih 68,2% imaju pet i više točnih odgovora, za razliku od učenika četvrtih razreda gdje njih 27,4% ima pet ili više točnih odgovora. Pitanje koje se postavlja kada se uspoređuju ti rezultati je „Jesu li bolji rezultati učenika trećih razreda povezani s činjenicom da je ispitivano gradivo „svježije“ u odnosu na učenike četvrtih razreda?“



GRAFIKON 3. Usporedba trećih i četvrtih razreda s tri sata nastave fizike tjedno

Ako pak usporedimo rezultate učenika trećih i četvrtih razreda koji slušaju fiziku dva sata tjedno, grafikon 4., vidljivo je da ne postoji značajna razlika u postotku rješivosti testa u odnosu na broj učenika koji su sudjelovali u istraživanju. Iz toga podatka nameće se pitanje „Jesu li podjednaki rezultati kod učenika trećih i četvrtih razreda koji slušaju fiziku dva sta tjedno u odnosu na učenike koji slušaju tri sata tjedno upravo u broju slušanja nastave fizike tjedno?“



GRAFIKON 4. Usporedba trećih i četvrtih razreda s dva sata nastave fizike tjedno

U nastavku rada prikazati ćemo koje su zadatke učenici trećih i četvrtih razreda najbolje i najlošije riješili, te pokušati odgovoriti koji je uzrok tome.

Najlošije riješen zadatak je četvrti (Prilog) i kod učenika trećih i četvrtih razreda. Svega 17,4% učenika četvrtih razreda i 24,5% učenika trećih razreda (Tabela 1.) je točno odgovorilo na to pitanje. Razlog tome je moguće tražiti u činjenici da su učenici pitanje povezali u činjeničnom znanju koje je vezano za *I-U* karakteristiku s kojom su upoznati na nastavnom satu. Stoga je i njih 71,7% u četvrtim razredima i 66,9% u trećim razredima biralo upravo odgovor A ili B (Tabela 1.). Možemo zaključiti da učenici ne razumiju temeljne koncepte u elektrostatici, kao niti međusobnu ovisnost pojedinih fizičkih veličina. Rezultati dobiveni ovim istraživanjem istovjetni su rezultatima iz 2009. godine [4]. Naime, i u tom istraživanju pokazalo se da je najlošije riješeni četvrti zadatak. Tada je svega 13,1% učenika točno odgovorilo na to pitanje, a njih 69% je biralo odgovor A ili B.

TABELA 1. Broj učenika s točnim i netočnim odgovorima na 4. zadatak u 3.i 4. razredima

Ponuđeni odgovor	A	B	C	D	Nije odgovorilo
Broj učenika 3.razreda	69	32	37	13	0
Broj učenika 4.razreda	144	54	48	28	2

U četvrtim razredima, drugi po najlošijem rezultatu je treći zadatak (Prilog). Svega 26,1% učenika četvrtih razreda (Tabela 2.) je točno odgovorilo na postavljeno potanje. Većina učenika, njih 47,1% (Tabela 2.) odgovorilo je odgovor B poistovjećujući graf elongacije i brzine za tijelo koje titra. Slični rezultati dobiveni su i u istraživanju 2009. godine [4]. Tada je 19% učenika točno odgovorilo na postavljeno pitanje, a kao najčešći odgovor su birali upravo odgovor B, njih 46,5%. Iz navedenoga možemo zaključiti učeničko nerazumijevanje temeljnih koncepata u titranju tijela.

TABELA 2. Broj učenika s točnim i netočnim odgovorima na 3. zadatak u 4. razredima

Ponuđeni odgovor	A	B	C	D	Nije odgovorilo
Broj učenika 4.razreda	33	130	72	40	1

Ako pogledamo najbolje riješene zadatke kod učenika trećih i četvrtih razreda dobivamo slijedeću sliku. Osmi zadatak (Prilog) je najbolje riješen zadatak i kod učenika trećih i četvrtih razreda (Tabela 3.). Naime, 39,5% učenika četvrtih razreda te 56,3% učenika trećih razreda je točno odgovorilo na postavljeno pitanje. Iako je osmi zadatak kod učenika četvrtih razreda najbolje riješen zadatak, brine činjenica da njih 25% bira odgovor D kao ispravan, čime pokazuju ne razumijevanje temeljnih koncepata gibanja tijela, tj. za tijelo koje miruje uzimaju da ono ima

brzinu. Podatak da 14,5% učenika bira odgovor B kao ispravan upućuje na ne razumijevanje koncepta brzine i smjera gibanja tijela. Usporedimo li riješenost osmoga zadatka iz istraživanja provedenoga 2009. godine, tada je 45,6% učenika točno odgovorilo na postavljeno pitanje, a raspodjela po ostalim distraktorima je bila gotovo jednaka sadašnjoj raspodjeli.

Kod učenika trećih razreda situacija je „malo bolja“, 25,8% učenika bira odgovor D kao ispravan što je gotovo isti rezultat ako ga uspoređujemo s učenicima četvrtih razreda. Bolja je situacija kada je riječ o biranju odgovora B kao ispravnog, svega 6,6% učenika bira to rješenje kao ispravno.

TABELA 3. Broj učenika s točnim i netočnim odgovorima na 8. zadatak u 3.i 4. razredima

Ponuđeni odgovor	A	B	C	D	Nije odgovorilo
Broj učenika 3.razreda	17	10	85	39	0
Broj učenika 4.razreda	56	40	109	69	2

Drugi po rješivosti je prvi zadatak (Prilog) kod učenika četvrtih razreda. Zadatkom se ispituje koncept temperature, odnosno veza srednje kinetičke energije nasumičnog gibanja molekula idealnog plina i temperature. 39,5% učenika četvrtih razreda dalo je točan odgovor na postavljeno pitanje (Tabela 4.), što upućuje na činjenicu da većina učenika, njih 60,5% ne razumije koncept temperature, te bira pogrešan distraktor u odgovorima. Činjenica da odnos fizičkih veličina koji se ispituje zadatkom spada u tzv. temeljne, činjenične u nastavi srednjoškolske fizike, još više potvrđuje tezu da je rezultat kojega su učenici pokazali nezadovoljavajući.

TABELA 4. Broj učenika s točnim i netočnim odgovorima na 1. zadatak u 4. razredima

Ponuđeni odgovor	A	B	C	D	Nije odgovorilo
Broj učenika 4.razreda	76	49	94	57	0

Kada je riječ o učenicima trećih razreda, drugi po rješivosti je treći zadatak (Prilog), na kojega su učenici dali 56,3% točnih odgovora (Tabela 5.), što bi značilo da poznaju temeljni koncept titranja tijela, odnosno razlikuju grafički prikaz elongacije i brzine za tijelo koje titra. Razlog bolje riješenosti ovoga zadatka u odnosu na učenike četvrtih razreda možemo tražiti i u činjenici da je to nastavno gradivo koje su učenici trećih razreda obrađivali u tijeku tekuće nastavne godine. Da bismo sa sigurnošću mogli tvrditi koji je pravi razlog ovakvoga rezultata trebali bismo to potvrditi istraživanjem.

TABELA 5. Broj učenika s točnim i netočnim odgovorima na 3. zadatak u 3. razredima

Ponuđeni odgovor	A	B	C	D	Nije odgovorilo
Broj učenika 3.razreda	15	38	85	13	0

Temeljem provedenoga istraživanja, te usporedbe s rezultatima iz 2009. godine možemo zaključiti da učenici nemaju razvijeno konceptualno razumijevanje te da uglavnom ne razumiju temeljne koncepte u fizici. Rezultati pokazuju da iako je prošlo devet godina od prošlog istraživanja nije vidljiv značajan pomak u rezultatima. Nažalost, i današnji učenici uče na način da uglavnom pamte činjenice, a ne da razvijaju razumijevanje glavnih koncepata.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se prvenstveno učenicima srednjih škola Gimnazije Andrije Mohorovičića Rijeka, Prvoj sušačkoj hrvatskoj gimnaziji u Rijeci, Srednjoj školi za elektrotehniku i računalstvo Rijeka te III. Gimnaziji Zagreb koji su dobrovoljno sudjelovali u istraživanju. Isto tako zahvaljujemo se našim kolegama Anđeli Gojević, Ani Buchberger Đaković, Petru Jelači, Jeleni Polić, Arijani Linić te Marku Grbi kao i ravnateljima škola u kojima smo proveli istraživanje.

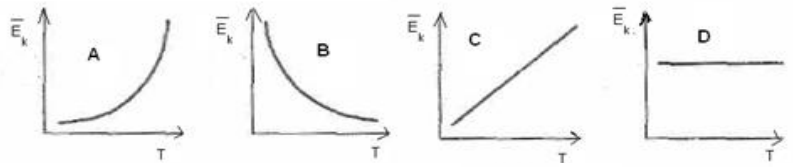
LITERATURA

1. Ž. Jakopović, Kurikulum i nastava fizike, Školska knjiga, Zagreb, 2015.
2. N. Erceg, I. Aviani, Učeničko i studentsko razumijevanje grafova vremenske promjene brzine i izvori konceptualnih poteškoća, Croatian Journal of Education : Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje, Vol.16 No.1, 43 – 80, 2014.
3. Ž. Lukša, I. Radanović, D. Garašić, Konceptualni pristup poučavanju uz definiranje makrokonceptnog okvira za biologiju, Život i škola: časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja, Vol.LIX No.30**,** 156 – 171, 2013.
4. T. Ivošević, P. Nikolaus, V. Nikolaus, Proceduralno znanje u primjeni grafičkih prikaza, Zbornik radova IX. hrvatskog simpozija o nastavi fizike Interaktivna nastava fizike, 219 – 226, 2009.
5. www.explorelearning.com, 12.1.2009.
6. www.mttc.nesinc.com, 12.1.2009.
7. N. Brković, Zbirka zadataka iz fizike, Luk, Zagreb, 2001.

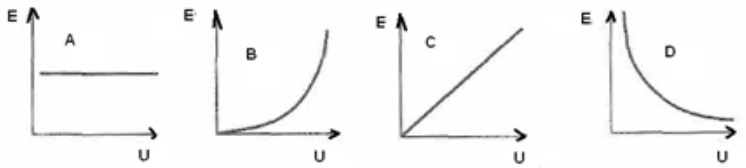
Prilog . PROCEDURALNO ZNANJE U PRIMJENI GRAFIČKIH PRIKAZA

CILJ: Anonimno ispitati razumijevanje grafičkih prikaza

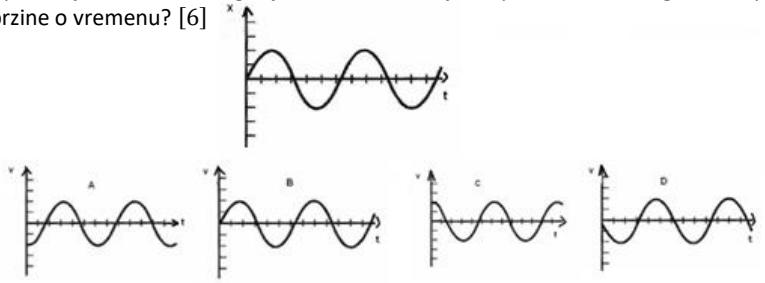
1. Koji od predloženih $\overline{E_k} - T$ grafičkih prikaza prikazuje ovisnost srednje kinetičke energije nasumičnog gibanja molekula idealnog plina o apsolutnoj temperaturi?

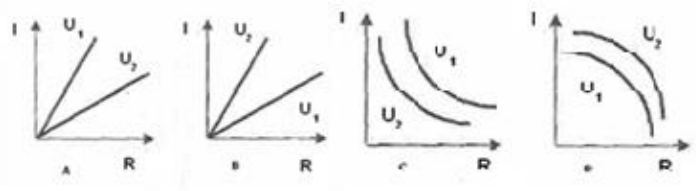


2.Koji od predloženih *E-U* grafičkih prikaza prikazuje ovisnost električnog polja pločastog kondenzatora o naponu?

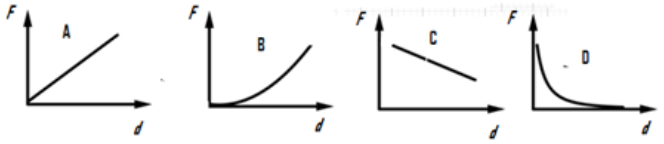


3. *x-t* grafički prikaz prikazuje ovisnost elongacije o vremenu, koji od predloženih *v-t* grafičkih prikaza odgovara ovisnosti brzine o vremenu? [6]



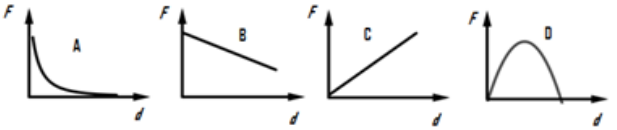


4. Koji od predloženih *I-R* grafičkih prikaza prikazuje ovisnost jakosti struje o otporu ako je $U_1 > U_2$? [7]

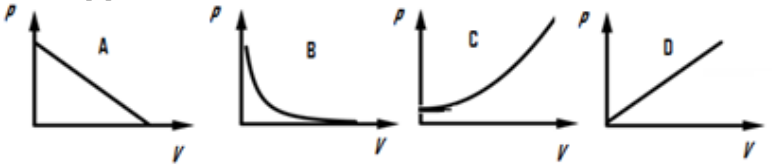


5. Iz predloženog *I-U* grafičkog prikaza uoči kako se odnose otpori?
   a) $R_1 > R_2$
   b) $R_{1=} R_2$
   c) $R_1 < R_2$

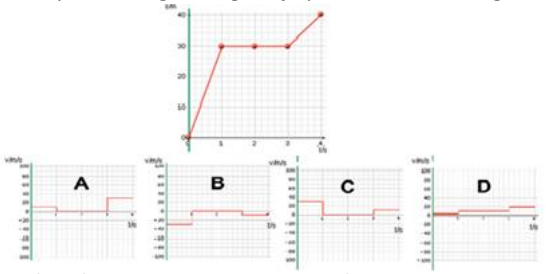
6. Koji od *F-d* grafičkih prikaza prikazuje vezu između gravitacijske sile dva tijela i njihove međusobne udaljenosti?



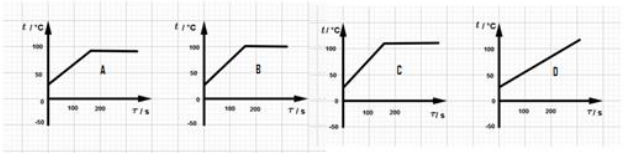
7. Koji od sljedećih *p-V* grafičkih prikaza prikazuje vezu između tlaka i volumena idealnog plina pri izotermnom procesu? [5]



8. Koji od slijedećih *v-t* grafičkih prikaza odgovara gibanju prikazanom na *s-t* grafičkom prikazu? [5]



9. Koji od grafičkih prikaza predstavlja zagrijavanje i vrenje vode na visini 1600 metara? [5]



10. Koji od F-d grafičkih prikaza prikazuje vezu Coulombove sile između dva naboja i njihove međusobne udaljenosti ?

Пројекти у настави физике-изазов и перспектива

Виолета Петровић

Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија

Апстракт. Реформа образовног система у Републици Србији, која се у континуитету спроводи већ дужи низ година, као заједничку нит има „захтев“ који се односи на подизање нивоа постигнућа ученика, кроз усвајање функционалних знања и вештина. Један од начина да се ово постигне (код физике конкретно) је настава организована кроз пројекте. Пројекти имају за циљ да ученицима омогуће синтезу знања из различитих области како физике тако и других наука, кроз решавање задатих конкретних проблема из реалног окружења. Овај рад има за циљ да покаже у којој су мери пројекти заступљени у настави физике, као и какви су став и искуства наставника о томе. Такође је дат коментар о образовним системима у земљама које се налазе у самом квалитативном врху, ако се као критеријум узму резултати ПИСА таста, а у којима постоји интегрални блок предмета Science, као и блокови часова под називом Пројекат, а у контексту будућих потенцијалних праваца реформи нашег образовног система. На крају рада је дат пример часа(ова) организованог кроз реализацију пројекта.

Кључне речи: активна настава**,** ученички пројекти.

УВОД

Савремена настава као своје главно обележје истиче усмереност ка исходима и постигнућима, односно разумевању градива и способности да се научено примени. Текуће реформе наставе инсистирају на међупредметном повезивању и увођењу пројектне наставе [1]. Имајући ово у виду јасно је да физика као фундаментална наука не сме да се сведе на прикупљање, памћење и репродукцију чињеница. Истраживања показују да настава организована тако да ученици слушају предавања и раде задатке на нивоу примене формула не доприноси повећању нивоа постигнућа [2], већ настава која је организована начин да ученици разумеју шта су физика и наука уопште, и како је могуће стечена знања практично применити. Један од начина да се ово постигне је настава организована тако да се тежиште активности помери са наставника ка ученицима, чиме они постају носиоци наставног процеса у смислу да активно стичу знања, док је улога наставника да организује наставни процес, усмерава и прати рад ученика, и да га на крају вреднује. Оваква организација наставе има за циљ и да уважи индивидуалност ученика, односно да се прилагоди његовим интересовањима и потребама.

Настава организована на овај начин се дефинише као активна, а настала је као потреба да се унапреди традиционална настава која је била прилагођена просечном ученику и у којој је улога ученика била исувише пасивна. Идеја о активном учењу потиче из прве половине прошлог века и може се наћи у радовима Џона Дјуиа и Марије Монтесори [3,4]. Конкретно Дјуи је сматрао да активно учење представља овладавање вештинама, као и да је најсврсисходније учење оно које захтева директну активност ученика [5]. У прилог овоме иду и истраживања која показују да се највећи трансфер знања од наставника ка ученицима остварује у комбинацији аудиовизуелне перцепције и моторне активности ученика, чак 90% [6].

На крају овог дела треба напоменути да физика, потпуно супротно од очекиваног на основу садржаја којима се бави, наилази на неразумевање и незаинтересованост код ученика, при чему ово није случај само у Србији [7]. У овој чињеници треба тражити разлог постојања дуге традиције истраживања ставова ученика о физици [8]. Показује се да је заинтересованост ученика за физику кључна за њен одабир (када се физика јавља као изборни предмет) и учење. Пракса показује да је један од начина да се ученици мотивишу и заинтересују за физику пројектно оријентисана настава (project based learning).

ПРОЈЕКТИ У НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Последње реформе образовног система Републике Србије као битну новину најављују увођење пројеката у наставне планове и програме основног и средњег обазовања [9]. Стиче се утисак да се на овај начин, бар формално, тежи приближавању образовним системима земаља које се по резултатима провере нивоа постигнућа ученика, као што је ПИСА тестирање [10], котирају знатно боље од нас. Додатно, разлоге за ово треба тражити и у чињеници да се настава базирана на пројектима сматра једном од најефектнијих метода која омогућава подучавање науке на ученицима разумљив начин.

Пројекти могу да се дефинишу као облик самосталног истраживачког рада, у којем ученици развијају способност коришћења литературе, посматрања појаве, бележења опажених појединости и извођења закључака ради решавања проблема [11]. Такође пројекти могу да се опишу као концепт стварања услова у којима ученици могу да уче сложенија знања и вештине која су им неопходна за живот у 21. веку [12]. Предности система образовања који је заснован на пројектима је вишеструк [13]: развијање мотивације и преузимање одговорности, развијање тимског духа и комуникационих способности, сарадње и социјализације међу ученицима, могућност да се учење прилагоди сопственим потребама, знање стечено на овај начин је трајније, процена постигнућа ученика се заснива на критеријумима који се примењују у реалном животу (одговорност, постављање циљева, квалитет реализације), и на крају ученици имају могућност да свој рад презентују што има вишеструке позитивне педагошке ефекте.

Аутор је имао циљ да кроз разговор са професорима физике дође до конкретних сазнања која би пружила информацију о искуствима, резултатима и проблемима у настави физике организоване кроз пројекте. Међутим у овом тренутку овакав облик организације наставе није заживео у довољној мери да би се добили валидни резултати и репрезентативна слика, тако да ће бити пренети резултати истраживања које је спроведено у САД. Истраживање [14] је показало око 45% ђака оцењује наставу организовану кроз пројекате као интересантну, а њих око 55% као веома интересантну. Сви ђаци су се сложили да их је примена пројекта мотивисала на учење физике. Такође, у највећем проценту су изабрали „strongly agree“ када се радило о оцени да је оваква настава допринела развијању критичног размишљања и рада у (групи) тимовима.

Главна предност пројектно оријентисане наставе је то што омогућава развој кључних компетенција кроз мултидисциплинарни приступ наставним садржајима, и међупредметну повезаност. Ово пројектну наставу дефинише као интегративну којом се свет око нас посматра као целина и као такав се и проучава.

Улога наставника и ученика

Организација наставе физике кроз пројекте је комплексна активност која од наставника тражи један потпуно другачији вид ангажовања него код класично организованог часа.

Због овога је прецизно дефинисање задатака наставника и ученика кључно за успешну реализацију часа. Потребно је пажљиво одабрати тему и испланирати све кораке реализације пројекта. Треба јасно дефинисати циљеве и исходе, временске оквире, упутити ученика на литературу, помоћи им око израде плана и на крају извршити евалуацију читавог процеса, уз обавезну презентацију остварених резултата. Потребно је и веома важно садржаје физике повезати са другим предметима (информатика, математика, биологија и то првенствено део који се бави очувањем животне средине-екологијом,....) и остварити сарадњу са колегама. Све ово одступа од класичне наставе због чега је образовање наставника у циљу праћења савремених тенденција и актуелних садржаја неопходна.

Избор теме је први, и уз планирање реализације један од најважнијих корака. Постоји широки спектар потенцијалних тема за ученичке пројекте, а приликом избора треба водити рачуна о градиву које се обрађује, на начин да га је могуће повезати са актуелним садржајима и темама из свакодневног живота. Истина је да би наставни планови и програми, у настави у којој су пројекти у већој мери заступљени, морали да буду флексибилнији него што је то сада случај.

Улоге наставника и ученика могу да се посматрају кроз етапе у реализацији пројекта:

1. Избор теме – тему могу да предлажу заједно и наставник и ученици.
2. Подела на групе - наставник формира групе. Ученици се у оквиру група организују ради успешне реализације задатка.
3. Припрема материјала за истраживачки рад – овде је улога наставника кључна и огледа се у планирању корака, рашчлањавању проблема, формулисању питања, усмеравању на литературу.
4. Разрада пројекта - наставник прати и усмерава ученике, док ученици на основу дефинисаног плана извршавају задатке.
5. Презентација и евалуација рада – наставник врши евалуацију, а ученици презентацију резултата рада.

Примери

У литератури и на интернету се може наћи велики број примера пројеката из различитих области физике које је могуће преузети и уз одређене промене и одговарајућу припрему прилагодити за рад на часу[1].

За ову прилику аутор је изабрао пример из области електромагнетне индукције која се као наставна тема обрађује у трећем разреду средњих школа (гимназије) и један пример везан за обновљиве изворе енергије. Енергија се као тема прожима кроз целокупно градиво физике, а прича о обновљивим изворима енергије је веома актуелна.

Мотивација за пример из области електромагнетне индукције су првенствено искуства професора која говоре да наставне јединице у оквиру ове теме ученицима нису најразумљивије, односно да их сматрају апстрактним, па је један од начина да се овај проблем превазиђе обрада ових наставних јединица уз активну улогу ученика, као и повезивање карактеристичних физичких феномена са ученицима интересантним и познатим стварима из свакодневног живота, као што је бежични пренос енергије. Такође ову наставну тему би било интересантно обрадити и кроз пројекат о електричним аутомобилима.

Други пример је инспирисан проблемом глобалног загревања и климатским промена, и са тим у вези обновљивим изворима енергије и потребом за очувањем животне средине.

[1] https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/list приступљено 30. 01. 2018.

Бежични пренос електричне енергије

Пројектни задатак: Бежични пренос електричне енергије[2].

Мотивација: Никола Тесла и Хајнрих Херц су у XIX веку поставили теоријски модел бежичног преноса електричне енергије, који у пракси није заживео на начин на који је то Тесла замислио. Разлога је пуно, а сам Тесла је о овом свом изуму рекао да "Свет није био спреман за њега. Био је исувише испред свог времена" [15]. Основну идеју ова два научника је било могуће реализовати експерименталним путем, па је Тесла 1899. године успео да упали 25 флуоресцентних лампи које су се налазиле 40 км далеко од извора напајања. Нажалост, Теслина идеја о бежичном преносу енергије је до сада остварена само у области малих снага.

Корелација: техничко образовање, информатика.

Време реализације: један час.

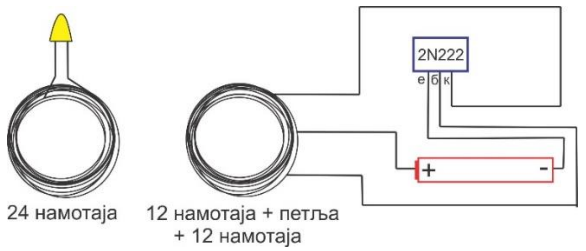
Теорија: Концепт бежичног преноса електричне енергије је базиран на електромагнетном пољу и електромагнетној индукцији. Добијање електричне струје помоћу магнетног поља назива се електромагнетна индукција, а сама струја добијена на овај начин – индукована електрична струја. Енглески физичар Фарадеј је показао да променљиво магнетно поље индукује електричну струју и дефинисао Фарадејев закон електромагнетне индукције: индукована електромоторна сила у неком колу је директно пропорционална брзини промене магнетног флукса кроз коло:

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi(t)}{dt}, \tag{1}$$

где је ε – електромоторна сила, ϕ -магнетни флукс, N је број намотаја у калему а t је време.

Реализација: Потребан материјал: лак жица, извор напајања подешен на 1 V, модел транзистора 2N2222A, ЛЕД диода, две изоловане жице.

Направити калем који се састоји од 24 намотаја и 3 извода. Један извод се прави на дванаестом намотају (средина калема) и он се прикључује на позитиван пол извора напајања. Преостала два извода се праве на двадесетчетвртом намотају и прикључују се на базу и колектор транзистора. На слици 1 је дата шема реализације пројекта.



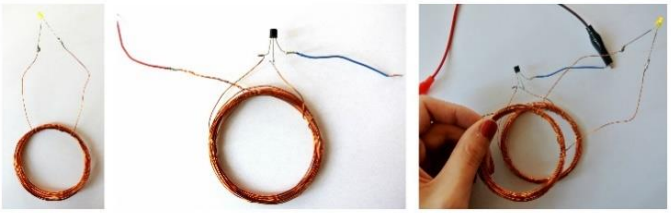
СЛИКА 1. Шема реализације пројекта.

Ознаке е, б, к на слици 1 означавају изводе емитера, базе и колектора транзистора. Како поставка пројекта изгледа у фази реализације приказано је на слици 2.

Коло приказано на слици 2 (десно) се састоји из два намотаја бакарних жица која по својој функцији представљају предајник и пријемник. Када се струја пусти кроз коло предајника око калема се ствара магнетно поље. Магнетно поље калема на који је прикључен транзистор постаје променљиво када му се довољно приближи калем са ЛЕД

[2] Пројекат „Бежични пренос електричне енергије" је реализован на Институту за физику, ПМФа у Крагујевцу, у оквиру *Радионице за примењену физику и електронику* која је оформљења у циљу промоције физике.

диодом. Услед постојања променљивог магнетног флукса у калему са ЛЕД диодом се индукује електромоторна сила међусобне индукције (што доводи до тога да ЛЕД диода почиње да светли).



СЛИКА 2. Кораци у реализацији: лево коло пријемника, формира га калем са ЛЕД диодом, средина коло предајника које формира намотај калема на који је прикључен транзистор, десно демонстрација електромагнетне индукције.

Исходи: Ученици су упознати са појмовима магнетно поље, електромагнетна индукција, флукс. Увиђају везу између напона напајања и интензитета светлости диоде. Разумеју идеју безжичног преноса енергије.

Ветропаркови

Пројектни задатак: Ветропаркови - колико је Србија (неки конкретни град или област) погодна за изградњу ветропаркова. Снага ветра.

Мотивација: Глобално загравање и климатске промене проузроковане између осталог и сагоревањем фосилних горива, нарочито оних базираних на нафти и угљу, представљају једну од најозбиљнијих опасности за планету Земљу. Из овог разлога је прича о обновљивим изворима енергије све актуелнија. Један од обновљивих извора енергије је и енергија ветра (Сунца). Иако у Србији постоји потенцијал (око 15% укупног енергетског потенцијала) тренутно овакав вид производње енергије није значајно заступљен. Први ветропарк је отворен у Кули[3], 2015, а у изградњи су два ветропарка у Малибунару и Алибунару. Обновљиви извори енергије не загађују ваздух, не проузрокују киселе кише, не производе отпад. Имајући све ово у виду, многе земље су значајно повећале удео енергије добијене из ветропакова у укупној количини произведене енергије[4]. На слици 3 је приказан удео појединих извора у укупној маси произведене енергије, у Европској Унији, за период 2005-2016 [16]. Може се видети да производња енергије коришћењем снаге ветра бележи константан раст.

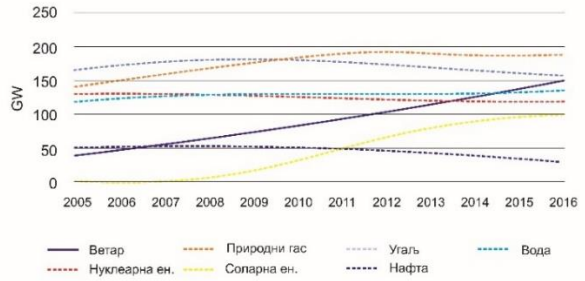
Корелација: географија, биологија (екологија), информатика, ликовно.

Време реализације: један дан - једно тромесечје.

Теорија**:** Почеци коришћења енергије сежу далеко у прошлост (покретање бродова), да би се временом тежиште примене померило ка производњи енергије (струје) преко ветрењача до ветропаркова данас.

Ветар се дефинише као хоризонтално струјање ваздуха настало као последица разлике у температури, односно разлике у притиску у атмосфери. Последица је Сунчевог зрачења па се зато може рећи да енергија ветра у ствари представља енергију Сунца.

[3] http://rs.n1info.com/a108591/Biznis/Otvoren-prvi-vetropark-u-Srbiji.html (приступљено 31. 01. 2018).
[4] http://gwec.net/publications/global-wind-report-2/ (приступљено 29. 01. 2018).



СЛИКА 3. Кумулативни преглед удела извора енергије у Европској Унији 2005-2016. Прилагођено из [16].

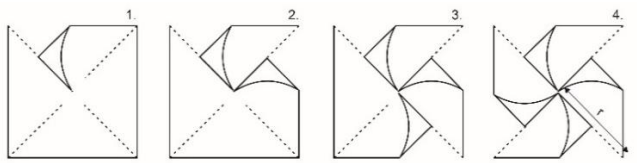
Кинетичка енергија ветра је:

$$\mathrm{E_к} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho V v^2 = \frac{1}{2}\rho A v \Delta t v^2, \tag{1}$$

где су ρ, m и V густина, маса и запремина ваздуха обухваћене пропелером ветрењаче, Δt је време за које се врши посматрање, A је површина пропелера ($\mathrm{A} = r^2\pi$, r је полупречник пропелера) и v је брзина ветра [17]. Полазећи од дефиниционог израза за снагу и узимајући у обзир израз (1), добија се да је снага ветра, P:

$$P = \frac{\mathrm{E_к}}{\Delta t} = \frac{1}{2}\rho \mathrm{A} v^3, \tag{2}$$

Потребан материјал: лист папира, дрвени штапић[5], лењир, анемометар (опционо).



СЛИКА 4. Папирна ветрењача – како је направити.

Направити папирну ветрењачу и изабрати локације и дефинисати временске оквире у којима ће се мерити снага ветра.

Брзина ветра може да се мери коришћењем мерног инструмента анемометра или у случају да инструмента нема помоћу Бофорове скале [18]. Скала коју је успоставио енглески хидрограф Франсис Бофор 1805. године је међународно је призната 1874. године и од тад се користи. Има дванаест степени, а овде ће као илустација бити наведено пар–поветарац (повремено помера лишће на дрвећу) има брзину од 2,4 m/s, ..., јак ветар (повија веће гране дрвећа) има брзину од 9,3 m/s, ..., олујни ветар (повија тања стабла) има брзину од 15,5 m/s, ..., оркан (разарајуће дејство) има брзину већу од 38,4 m/s (>125 km/h). На основу опажаја ученици одређују брзину ветра и рачунају снагу.

Исходи: Ученици су упознати са различитим изворима енергије, као и значајем који растућа употреба обновљивих извора енергије има за нашу планету. Упознати су на који начин се снага ветра преводи у електричну енергију. Разумеју да употребом нових технологија правимо позитивне кораке у односу са природом. Схватају значај доношења одлука које одређују начин на који ће природни ресурси бити коришћени.

[5] Ветрењачу је могуће направити и од било ког другог материјала. Овде је узета најједноставнија реализација.

ЗАКЉУЧАК

У време када се физика, не само код нас, већ и у свету суочава са проблемом незаинтересованости ученика и доживљавањем физике као тешког и апстрактног предмета, обавеза свих нас који смо укључени у наставни процес је да учинимо све како би смо садржаје физике приближили ученицима и учинили је интересантним и разумљивим предметом, што физика и јесте. Један од начина да се ово постигне је настава физике организована кроз пројекте. Оваква организације подразумева активну улогу ученика што се показује као кључни предуслов за повећање мотивације за учење физике, и трансфера знања ка ученицима.

ЗАХВАЛНИЦА

Велику захвалност аутор жели да изрази студенту мастер студија Христини Делибашић, и студенту докторских студија Кристини Исаковић.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон о средњем образовању и васпитању ("Сл. гласник РС", бр. 55/2013 и 101/2017).
2. R. R Hake, Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand - student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *Am. J. Phys*., 66, 64 – 74, 1998.
3. J. Dewey, The School and Society, *University of Chicago Press*, Chicago, 1907.
4. M. Montessori, Pedagogical anthropology, *Frederick A. Stokes Company*, New York, 1913.
5. Љ. Живковић и С. Јовановић, Модел часа активног учења у настави географије, Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду, 56, 257-258, 2008.
6. Наука и глобализација, Зборник радова са научног скупа, Филозофски факултет Универзитета у Источном Сарајеву, Књига 8, Том 2/2, 685, 2014.
7. R. Holubova, Effective Teaching Methods-Project-based Learning in Physics, *US-China Education Review, 5(12),* 27-36, 2008.
8. J. Lavonen, R. Byman, K. Juuti, V. Meisalo, A. Uitto, Pupil Interest in Physics: A Survey in Finland, *Nordina, 2(1),* 72–85, 2005.
9. Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године ("Сл. гласник РС", бр. 107/2012).
10. R. W. Bybee, Program for International Student Assessment (PISA) 2006 and Scientific Literacy: A Perspective for Science Education Leaders, Science Educator, 18(2), 1-3, 2009.
11. М. Циндрић, Пројектна настава и њезине примјене у настави физике у основној школи, *Magistra Iadertina, 1(1)*, 33-34, 2006.
12. J. Ravitz, N. Hixson, M. English, J. Mergendoller, Using project based learning to teach 21st century skills: Findings from a statewide initiative, Annual meetings of the American Educational Research Association, Vancouver, *AERA–Vancouver BC*, 2-5, 2012.
13. M. Holm, Project-based instruction : A review of the literature on effectiveness in prekindergarten through 12th grade classrooms, *InSight: Rivier Academic Journal,7(2),* 1–13, 2011.
14. S. Liu, Implementing Project-Based Learning in Physics and Statics Courses, *121st ASEE Annual Conference & Exposion*, American Society for Engineering Education, 2014.
15. Н. Тесла, Моји изуми, Нова школа Д.О.О., Београд, 2016.
16. Wind in power, 2016 European statistic, windeurope.org, 2017.
17. http://home.uni-leipzig.de/energy/ef/15.htm (приступљено 31. 01. 2018.)
18. http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/Kosava-mecava-vejavice%20januar-februar%202014.pdf

Жене у историји астрономије

Вера Прокић

Гимназија „Светозар Марковић“, Ниш, Србија

Апстракт. У раду су описане жене које су дале посебан допринос развоју астрономије. Приказани су детаљи из њихових живота, њихови научни доприноси, награде и признања. Осим Каролине Хершел и Марије Мичел, у раду ће бити речи о женама-астрономима, које су у Харварду често називане „Пикерингов харем“ или „Пикерингове рачунаљке“: Вилијамина Флеминг, Антонија Маури, Хенријета Левит, Ени Кенонs и Сесилија Пејн. У 20. веку астрономија је широм отворила врата женама, посебно у САД, где је до Другог светског рата њих десетак одбранило докторате из ове области. Међутим, без обзира на дугу традицију жена у астрономији, чувене опсерваторије су им тек шездесетих година 20. века дозволиле рад.

Кључне речи: историја астрономије, жене у науци, каталог звезда.

УВОД

Прва научна друштва и академије наука оснивају се у 17. и 18. веку у Европи. Такође у Америци се оснива Америчко филозофско друштво (1743) и Национална академија наука (1863). Образовање жена у математици и физици, као и званично бављење астрономијом, омогућено је оснивањем Краљичиног колеџа (1848) у Кемsбрицу, као и Бедфорд колеџа (1849) у Лондону. Краљевско астрономско друштво у Лондону дозволило је женама да присуствују предавањима у просторијама Друштва 1835. а тек је 1916. прва жена-Мери Браг[1] примљена за редовног члана Друштва. Пре ње, прве почасне чланице Краљевског друштва биле су Каролина Хершел и Мери Самервил [1, 2].

Каролина Хершел рођена је 16. марта 1750. године у немачком граду Хановеру. Напустила је каријеру оперске певачице и придружила се својој браћи Вилијаму и Александру у астрономским истраживањима у Лондону. Каролина и Вилијам Хершел су радили на изради мапе свих небеских објеката. Вилијам је 1781. године открио планету Уран и тада је именован Краљевским астрономом. Након братове смрти 1822. године Каролина Хершел је наставила његов рад на склапању каталога од 2500 маглина и звезда које су заједно посматрали. За тај каталог је 1828. године добила златну медаљу Краљевског астрономског друштва. Умрла је 09. јануара 1848. године [3].

Мери Самервил (1780-1872) се бавила астрофизиком, теоријом комплексних бројева, физичком географијом, проучавала је спектре звезда и електромагнетне ефекте соларних ветрова. Она је прва изнела претпоставку да постоји неоткривена планета одговорна за неправилност у Урановој орбити, што је навело Џона Адамса, британског математичара и астронома да открије планету Нептун.

[1] Мери Браг је била удата за астронома Виљема Хајгенса.

Са друге стране, у САД је Едвард Чарлс Пикеринг[2], директор Опсерваторије Харвард од 1877. до 1919. године, рад на систематизацији и каталогизацији небеских објеката препустио женама. Опсерваторија Харвард је основана 1839. године и на Опсерваторији је било неколико жена волонтерки, углавном рођака угледних професора. Доласком на место директора, Пикеринг је убедио вођство Опсерваторије да запосли жене. За време свог мандата Пикеринг је запослио осамдесетак жена (слика 1). Најпознатије међу њима, које су након рада на Харварду, постале и познате жене астрономи, биле су Вилијамина Флеминг, Антонија Маури, Хенријета Левит, Ени Кенон и Сесилија Пејн [4].

СЛИКА 1. Пикеринг са запосленим женама на Харварду [5]

Вилијамина Флеминг

Вилијамина Флеминг (слика 2) је рођена 15. маја 1857. године као Вилијамина Патон Стевенс у Дандију у Шкотској. Удала се 1877. године за Џејмса Флеминга и радила је као наставница кратко време, док пар није отишао за Бостон. Након пресељења Флеминг је напустио Вилијамину. Да би прехранила себе и сина почела је да ради као служавка у кући професора Пикеринга, који је био директор опсерваторије Харвард. У то доба је почео рад на класификацији звезда на основу њихових спектара. Пикеринг је запослио Вилијамину Флеминг 1881. године, а већ 1886. године је постала вођа пројекта. Направила је систем за класификацију звезда према релативној количини водоника у њиховим спектрима. Допринела је каталогизацији звезда у каталог који је објављен као „Draper Catalogue of Stellar Spectra“, који је објављен 1890. године. Иако је она обавила највећи део посла, заслуге су припале Едварду Пикерингу.

За девет година рада успела је да направи каталог са више од 10 000 звезда, а током каријере открила је 59 гасних маглина, преко 310 променљивих звезда и 10 нових. Открила је и тамну маглину Коњска глава. Постала је 1899. године кустос астрономских фотографија на Харварду, а 1906. године постала је почасни члан Краљевског астрономског друштва у Лондону. Објавила је фотографску студију променљивих звезда (1907) и откриће белих патуљака (1910) [6,7].

[2] Амерички астроном и физичар

СЛИКА 2. Вилијамина Флеминг [6]

Умрла је у Бостону 21. маја 1911. године. Кратер на Месецу је добио име Флеминг њој у част.

Антонија Маури

Антонија Маури (слика 3) је рођена 21. марта 1866. године у Њујорку. Оба су јој родитеља била образована, те је основно образовање добијала код куће. Дипломирала је на Vassar College 1887. године са посебним похвалама у области астрономије, физике и филозофије. Након дипломирања запослила се на опсерваторији Харвард 1888. године. Сукобљавала се са Пикерингом око класификације звезда, и на крају је њен начин класификације прихваћен. Систем се састојао у класификацији спектра по ширини и сјају спектралних линија. Каталог је објављен 1897. године са њеним именом на насловној страни. То је било први пут у историји да је опсерваторија у Харварду дала заслуге жени у некој својој публикацији [8].

СЛИКА 3. Антонија Маури [9]

Након пензионисања бавила се заштитом животне средине. Посећивала је опсерваторију јер ју је посебно занимало истраживање везано за двојне звезде. Маури је окрила другу спектроскопски двојну звезду, након звезде Мизар у сазвежђу Великог

медведа. Добила је 1943. године Ени Кенон награду за њен звездани каталог и класификацију звезда. Антонија Маури је умрла 08. јануара 1952. године у Њујорку.

Кратер на Месецу носи име Маури, њој у част [9].

Хенријета Левит

Хенријета Левит (слика 4) је рођена 04. јула 1868. године у Масачусетсу. Студирала је уметност и филозофију, а тек на четвртој години колеџа одлучила се за астрономију. Запослила се на опсерваторији Харвард 1893. године. Радила је на класификовању звезда по изгледу спектра. Проучавала је променљиве звезде, открила их је око 2400. Многе од тих звезда биле су цефеиде-пулсирајуће променљиве звезде. Открила је 1912. године да је логаритам периода цефеида линеарно повезан са сјајем. Пикеринг није подржавао њено откриће, међутим други астрономи су поставили њено откриће за основну методу рачунања удаљености у свемиру. Ако је познат период цефеиде, може се израчунати њен сјај, а тиме и удаљеност [10].

СЛИКА 4. Хенријета Левит [10]

Хенријета је анализирала око 300 звезда и саставила је своју скалу која је званично прихваћена 1913. године. Њено откриће омогућило је научницима да мере удаљеност до најдаљих галаксија које су превише далеко да би се користила паралакса. Након откривања цефеида у Млечном путу, откривено је још пар у другим галаксијама. Када су откривене прве цефеиде добијен је први доказ да су објекти за које се сматрало да су спиралне маглине у ствари спиралне галаксије. Хенријетино откриће је променило схватања у астрономији, тако да више није сматрано да је Сунце у средишту Млечног пута, нити да је Млечни пут у центру свемира [10]. На Харварду је сматрана најспособнијим чланом Пикерингове групе. Умрла је 12. децембра 1921. године. Након њене смрти, Едвин Хабл је помоћу њеног открића цефеида успео да одреди да се свемир шири (Хаблов закон).

Ени Џамп Кенон
Oh, Be A Fine Girl-Kiss Me!

Oh, Be A Fine Girl-Kiss Me! није толико романтична реченица већ помоћ астрономима да на забаван начин запамте спектралну класификацију звезда: O, B, A, F, G, K, M коју је развила Ени Џамп Кенон.

Ени Кенон је рођена 11. децембра 1863. године у Доверу у САД-у (слика 5). Њена мајка је била аматер астроном и ту љубав је пренела на њу. Ени је завршила студије физике и астрономије на Редклиф колеџу који је радио у оквиру опсерваторије Харвард. Тако постаје 1896. године асистент Едварду Пикерингу. Побољшала је систем за класификацију звезда који је дала Вилијамина Флеминг, тако што је поделила звезде у класе према њиховој површинској температури од најхладнијих до најтоплијих. Ени Кенон је испитала спектре 350 000 звезда. Препознавала је класе брзином од три звезде у минути користећи само лупу [5]. За 40 година свог рада открила је 300 променљивих звезда, 5 нова и један двојни систем звезда. Умрла је 13. априла 1941. године. Њене награде и достигнућа су: почасни докторат Универзитета Гронинген (Холандија), прва је жена добитница почасног доктората Оксфорд универзитета, добитница је Хенри Драпер награде, била је прва жена изабрана као официр Америчке Астрономске Заједнице.

СЛИКА 5. Ени Кенон [5]

Кратер на Месецу и један астероид носе њено име. Данас се додељује награда Ени Џамп Кенон женама астрономима.

Систем спектралне класификације звезда који се и данас користи, нажалост не носи њено име већ име институције у којој се цео живот борила за признање.

Сесилија Пејн

Сесилија Пејн (слика 6) је рођена 10. маја 1900. године. у Енглеској. На свеучилишту Newnham, који је похађала, један од предавача је био славни астрофизичар Артур Едингтон. Он је Сесилију Пејн заинтересовао за астрономију. Након дипломирања отишла је на опсерваторију Харвард. Проучавала је везу температуре звезда и типа односно састава њихове атмосфере. Сесилија Пејн је на харвардској опсерваторији већину времена морала да проводи на мерењу сјаја звезда и њихових удаљености на фотографијама. Ипак је успела да проучава њој најзанимљивије подручје везано за звезде високог сјаја. У Немачкој је упознала свог будућег супруга, руског астронома Сергеја Гапошкина [8]. Са

њим је објавила неколико каталога о променљивим звездама, а одредила је и који су хемијски елементи најзаступљенији у појединим врстама звезда.

СЛИКА 6. Сесилија Пејн [11]

Постала је прва изабрана жена у Америчку академију наука и уметности 1943. године. Умрла је 07. децембра 1979. године. Њој у част назван је астероид 2039 Пејн-Гапошкин.

Cosmos: A Spacetime Odyssey, емисија коју су многи од нас пратили, је посветила епизоду историјској улози ове групе жена у астрономији.

Данас је астрономија направила огромне кораке у разумевању природе свемира и његовог садржаја. Ипак, постоје важна питања на која још нема одговора.

ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујем се Нешић Љубиши на помоћи при изради рада.

ЛИТЕРАТУРА

10. Д. Поповић, Жене у науци: од Архимеда до Ајнштајна, ЈП Службени гласник 2012.
11. http://livano85.blogspot.rs/2016/11zene-u-nauci-matematika.html
12. Р. Холмс, Доба чуда, Београд, Досије студио, 2011.
13. G. Greenstein, The ladies of Observatory Hill, American Scholar, 1993, 437-446
14. http://www.astronomija.org.rs/biografije/9911-eni-dzamp-kenon-annie-jump-cannon
15. https://en.wikipedia.org/wiki/Williamina_Fleming
16. http://www.astro.gsu.edu/~bentz/bentz.aapt.pdf
17. R. Jurdana-Šepić, D. Šegota, Bolid 129, Zvjezdarnica Zagreb, 15-24, (2011).
18. https://en.wikipedia.org/wiki/Antonia_Maury
19. https://hr.wikipedia.org/wiki/Henrietta_Leavitt
20. https://en.wikipedia.org/wiki/Cecilia_Payne-Gaposchkin

Физика дизања тегова

Лазар Раденковић, Љубиша Нешић

Природно-математички факултет у Нишу, Србија

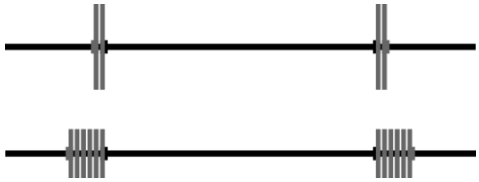
Апстракт. Основна идеја овог рада је да се на примеру из спорта ученицима приближе основни појмови механике: сила, момент силе, крак силе и момент инерције. Конкретно, показали смо како избор плоча које су нанизане на шипку утиче на извођење вежбе бенч прес, чак и ако је укупна маса целог тега иста. Дати су и предлози за употребу још неких примера и референца за њих.

Кључне речи: дизање тегова, бенч прес, момент силе, момент инерције

УВОД

У овом раду је представљен део резултата објављених у [1].

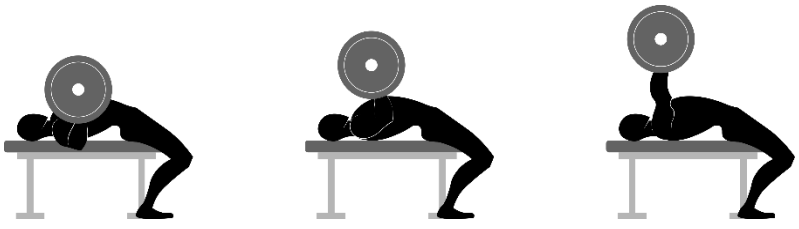
Када је лакше подићи тег – ако се на шипку ставе четири плоче од 15 kg, или дванаест плоча од 5 kg (слика 1)? У оба случаја је на шипку стављено укупно 60 kg, тако да тег има исту укупну масу и једнако је тешко подићи га у оба случаја.



СЛИКА 1. Шта је лакше подићи – тег са 4 плоче од 15 kg, или са 12 плоча од 5 kg?

Ипак, одговор на ово питање није тако једноставан, и верујемо да може помоћи наставницима да освеже часове физике примером из свакодневног живота.

Једна од најпопуларнијих вежби у теретани, и једна од дисциплина у званичним надметањима у дизању тегова јесте бенч прес. У овој вежби, у лежећем положају, тег се спушта до груди, а затим подиже (слика 2).



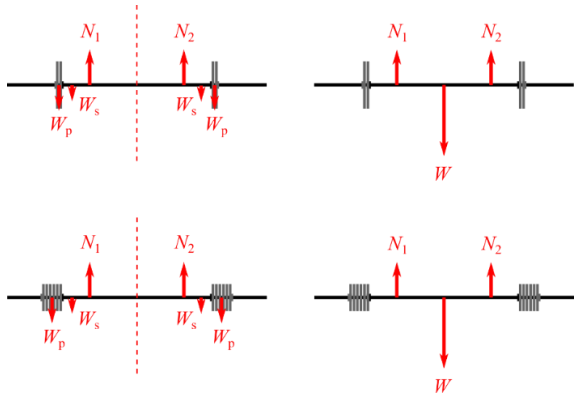
СЛИКА 2. Подизање тега у вежби бенч прес.

С обзиром на то да је ова вежба популарна, нарочито међу дечацима у том узрасту, спој физике и дизања тегова може помоћи да се ученицима приближе битни физички концепти, као што су сила, момент силе, крак силе и момент инерције. Овај спој може имате двоструку корист: 1) они који су заинтересовани за тренинг снаге и дизање тегова могу постати заинтересовани за физику ако уоче да им физика може помоћи у остваривању њихових циљева у теретани; 2) они који су заинтересовани за физику могу постати заинтересовани за дизање тегова јер је то активност која је безбедна [2-5] и здрава [6-8].

РАЗМАТРАЊЕ БЕНЧ ПРЕС-А

Вратимо се одговору на питање са почетка овог рада (слика 1). Ове ситуације означићемо са *а* – када су четири плоче од 15 kg постављене на шипку, и *б* – када је дванаест плоча од 5 kg постављено на шипку. С обзиром на то да је маса шипке са сигурносним учвршћивачима 25 kg [9], то значи да је укупна маса терета у оба случаја иста и износи 85 kg[1]. Једнакост масе упућује да ће бити подједнако тешко подићи терет у оба случаја. Ипак, неко са дужим стажом у теретани неће се сложити са овим одговором на основу свог искуства.

Одговор би могао да лежи у чињеници да су плоче другачије распоређене у односу на центар шипке, па је самим тим и нападна тачка гравитационе силе која делује на плоче другачија у случајевима *а* и *б*. Ученици ће углавном поделити тег на два дела и разматрати леву и десну страну тега одвојено (слика 3, лево). Једноставније је посматрати тег као целину (шипка са свим плочама и учвршћивачима који стоје латерално у односу на последње плоче). Неки од ученика ће бити скептични да су ова два приступа еквивалентна, тако да је корисно следећи рачун прорадити разматрајући леву и десну половину тега, и тег као целину (ми смо се одлучили за овај приступ у раду).



СЛИКА 3. Дијаграм сила тега за случај *а* (горе), и случај *б* (доле). На левој страни дат је приступ у коме се разматрају лева и десна страна тега, а на десној приступ у коме се тег посматра као целина. Деловање Земљине теже означено је са W – за цео тег; W_s – за леву и десну страну шипке; W_p – за леву и десну групу плоча (са учвршћивачима). N_1 и N_2 су силе којом руке дизача делују на тег.

Како је тег симетричан, и у случају *а* и у случају *б*, његов центар масе ће бити у средини тега, па ће дијаграм сила бити идентичан (слика 3, десно). Због тога наслућујемо да

[1] Ако Вам маса од 85 kg делује превелика, напомињемо да је светски рекорд у овој дисциплини око 400 kg.

различита нападна тачка гравитационе силе на плоче у случајевима *а* и *б* не може да објасни наводну разлику између њих. Покажимо то и експлицитно.

Размотримо подизање тега, претпостављајући да руке делују на тег симетрично, тако да се он све време креће паралелно својој почетној позицији, тј. његово кретање је чиста транслација. Други Њутнов закон гласи:

$$N_1 + N_2 - W = ma, \tag{1}$$

где су a, m и W убрзање и укупна маса тега, и сила Земљине теже која делује на тег, редом.

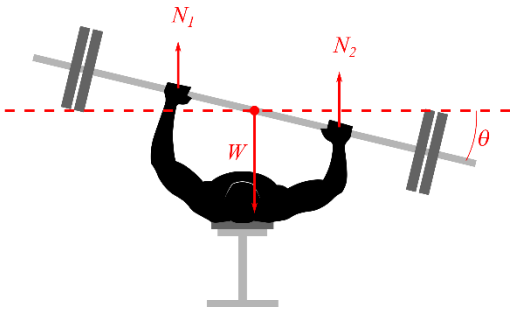
Како нема ротације тега приликом његовог кретања, укупан момент сила који делује на тег једнак је нули $M_{\text{ukupno}} = 0$, тј.

$$N_2 l_g - N_1 l_g = 0, \tag{2}$$

при чему претпостављамо да је хват потпуно симетричан и да оса у односу на коју разматрамо моменте пролази кроз центар тега, ортогонално на раван цртежа. Величина l_g представља растојање између центра тега и леве (или десне) шаке. Момент силе за W око изабране осе једнак је нули јер је крак силе једнак нули. На основу (2), видимо да је $N_1 = N_2$, тј. да су силе којима шаке делују на тег једнаке, али нам ове једначине не могу помоћи да објаснимо наводну разлику између случаја *а* и *б*.

Решење овог проблема лежи у чињеници да подизање тега није чиста транслација, већ тег у малој мери ротира приликом транслације. Ово се лако може демонстрирати у учионици користећи оловку. Ученицима треба дати инструкцију да оловку држе за крајеве, а затим испруже руке покушавајући да оловку све време држе паралелно почетној позицији. Може се приметити да се оловка „лелуја“ приликом кретања. Овај ефекат је још израженији ако су руке размакнуте као приликом дизања тега. Због тога можемо третирати дизање тега као низ малих транслација и ротација.

Размотримо деловање сила приликом ротације тега из помереног положаја у паралелни положај (слика 4). Подразумеваћемо да се ротација врши око осе која пролази кроз центар тега, као и пре.



СЛИКА 4. Померен тег приликом бенч прес-а, посматрано из положаја изнад дизача. Угао θ је наглашен због прегледности. Оса ротације пролази кроз центар тега, и ортогонална је на раван цртежа.

Други Њутнов закон за транслацију (са другачијим вредностима за силе N_1 и N_2 у односу на већ размотрени случај чисте транслације) дат је у једначини (1), док је ротација описана једначином $M_{\text{ukupno}} = I\alpha$, тј.

$$N_2 l_g \cos\theta - N_1 l_g \cos\theta = I\alpha. \tag{3}$$

У претходној једначини, θ је угао између шипке и хоризонтале а α и I су угаоно убрзање и момент инерције тега.

Решавањем ових једначина добијамо:

$$N_1 = \frac{1}{2}\left[m(g+a) - \frac{I\alpha}{l_g \cos\theta}\right] \quad (4)$$

$$N_2 = \frac{1}{2}\left[m(g+a) + \frac{I\alpha}{l_g \cos\theta}\right] \quad (5)$$

Коначно, стижемо до објашњења. Вредност момента инерције већа је у случају *б* него у случају *а* ($I^{(b)} > I^{(a)}$) зато што је центар масе сваке плоче даљи од осе ротације у случају *б* у поређењу са *а*. Нека је N_2 максимална сила коју нека особа може да развије (на пример у случају да подиже своју максималну остварену масу). Узимајући у обзир да је $N_2^{(b)} = N_2^{(a)}$ и да је $I^{(b)} > I^{(a)}$, вредности линијског и/или угаоног убрзања морају бити мањи, тј. $a^{(b)} < a^{(a)}$ и $\alpha^{(b)} < \alpha^{(a)}$. Узимајући у обзир све мини-транслације и ротације, потребно је више времена да се подигне тег у случају *б*, што је веома напорно за потпуно стегнуте мишиће. Због тога је подизање тега у случају *б* теже, а може се чак десити да особа може да подигне тег у случају *а*, али не у случају *б*.

Интересантно је запазити да овде силе N_1 и N_2 немају исту вредност, тј. да оптерећење руку није симетрично при овој ротацији. То такође може довести до „отказа“ мишића, ако покрет исправљања тега захтева већу силу од слабије руке.

ЗАКЉУЧАК

Све приказане кораке за у решавању претходног проблема лако је пренети у учионицу и за њихово презентовање потребан је један школски час. Предлажемо да сви кораци у разјашњењу буду укључени јер они постепено граде потпуно објашњење, а сваки корак садржи корисна физичка разматрања. Коначно објашњење је и даље поједностављено, али довољно за објашњење ситуације.

За више детаља и примера, позивамо Вас да прочитате [1].

ЗАХВАЛНИЦА

Рад је делимично финансиран средствима пројекта ОИ174020 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lazar Radenković, Ljubiša Nešić. The Physics of Powerlifting, *Eur J Phys*, https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa90e
2. J Siewe, J Rudat, M Röllinghoff, U Schlegel, P Eysel, and J Michael. Injuries and overuse syndromes in powerlifting. *Int J Sports Med, 32(09)*:703–711, 2011
3. Justin Keogh, Patria A. Hume, and Simon Pearson. Retrospective injury epidemiology of one hundred one competitive oceania power lifters: the effects of age, body mass, competitive standard, and gender. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 20(3):*672, 2006.
4. Ulrika Aasa, Ivar Svartholm, Fredrik Andersson, and Lars Berglund. Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review. *Brit J Sport Med, 51(4):*211–219, 2017.
5. A Faigenbaum and G Myer. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Brit J Sport Med, 44(1):*56–63, 2010.
6. Lars Berglund, Björn Aasa, Jonas Hellqvist, Peter Michaelson, and Ulrika Aasa. Which patients with low back pain benefit from deadlift training? *J Strength Cond Res, 29(7):*1803, 2015.

7. David Holmberg, Henrik Crantz, and Peter Michaelson. Treating persistent low back pain with deadlift training – a single subject experimental design with a 15-month follow-up. *Advances in Physiotherapy, 14(2)*:61–70, 2012.
8. RD Dickerman, R Pertusi, and GH Smith. The upper range of lumbar spine bone mineral density? an examination of the current world record holder in the squat lift. *Int J Sports Med, 21(7):*469–70, 2000.
9. International Powerlifting Federation: Technical rules book.
URL: http://www.powerlifting-ipf.com/rulescodesinfo/technical-rules.html (sep.2017)

Ваздух, његов значај и физичке особине

Миодраг К. Радовић, Драган Ђ. Радивојевић

Природно-математички факултет у Нишу, Вишеградска 33, 18000 Ниш

Апстракт. Ваздух који нас окружује свима нама је неопходан за живот. Његов састав и физичке особине су нешто на шта смо се адаптирали као врста током еволуције, која је трајала више милиона година. Јако је важно да се код преношења знања у школама то потенцира. Треба се супротставити брзоплетим активностима, којse зарад лаке зараде или тренутних лагодности, могу битно нарушити природне услове и на тај начин угрозити опстанак људске врсте на овој планети. У овом раду је учињен покушај да се на јасан начин покажу основне особине ваздуха као флуида који нас окружује кроз огледе који се могу извести као демонстрациони или као лабораторијски. На тај начин ће се фокусирати пажња ученика на његов значај и потребу да очувамо његов квалитет као и еколошки систем.

Кључне речи: ваздух, оглед, лабораторија, атмосфера, природа.

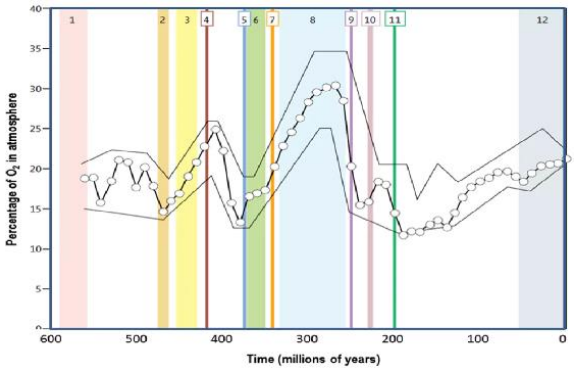
УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

Еволутивни развој човека се одвијао задњих пар милиона година у условима релативно стабилног састава ваздуха. Отуда је установљено мишљење да је то тако и да се неће променити, ма шта ми људи предузимали. Показује се задњих деценија, а данас све је очигледније, да људске активности прете да наруше ову равнотежу.

Састав ваздуха кроз историју планете Земље није увек био овакав, па отуда и помисао да у будућности он може да буде и битно другачији.

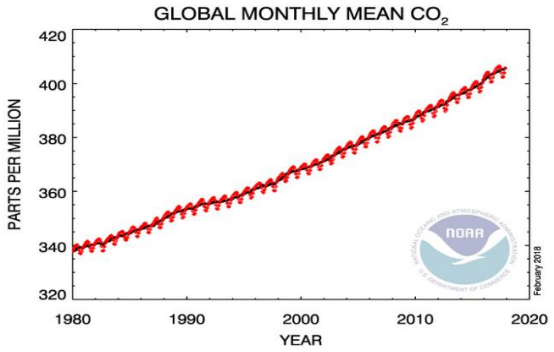
Данашња Земљина атмосфера се у научним круговима води као трећа атмосфера. Прве две нису ни изблиза биле сличне овој данашњој, нити по саставу, нити по другим особинама. Сматра се, на основу прикупљених података, да је данашња атмосфера биолошког порекла. Тако је доминантно присуство гасова, као што су азот и кисеоник, остварено дугогодишњим деловањем биљног света. Непрекидно је на делу динамичка равнотежа између производње и деструкције ових, као и других гасова који улазе у њен састав. Ова се равнотежа може померити на једну или другу страну у зависности од промене услова у природи.

Посебо је важан пример промене концентрације кисеоника у ваздуху кроз историју Земљине атмосфере. На основу прикупљених података може се формирати графички приказ концентрације кисеоника у атмосфери у задњих милијарду година. Ово је приказано на слици 1. Са графика се уочава неколико важних ствари, да је до пре око 600 милиона година концентрација кисеоника била испод 5 процената, да је у два наврата тај проценат био 30 или више. То се везује за одређене бурне периоде еволуције на нашој планети. Важно је сазнање да је овај проценат променљив да може да расте, али и да опада. Смањење процента кисеоника може имати бројне драматичне последице.



СЛИКА 1. Промена концентрације кисеоника кроз историју. Пик на 300 мил. година одговара периоду познатом као Карбон, док онај на 100 мил. год. одговара Креди (преузето са [6]).

У новијој људској историји настаје велика потреба за енергијом, која се добрим делом остварује сагоревањем дрвета, угља и нафте. Ово доводи до убрзаног пораста процента угљендиоксида у ваздуху. Мерења показују да је ниво угљендиоксида порастао у задњих сто година са 0,03 на 0,04 процента. Ово је приказано на слици 2.



СЛИКА 2. Промена концентрације CO_2 приказана у ppm, (преузето са [7]).

Овај ће се тренд по свему судећи наставити и наредних година. Пораст нивоа угљендиоксида има за последицу и повећање ефекта стаклене баште са свим последицама које из тога проистичу (повећање просечне температуре, отапање леда на половима, подизање нивоа мора, климатске промене, могућ недостатак хране и воде, угрожавање опстанка биљних и животињских врста на копну и у мору, угрожавање опстанка и људске врсте на планети).

Упознавање млађих генерација са ваздухом и његовим особинама може допринети бољем разумевању ових проблема, као и њиховом укључивању у заштиту ваздуха, воде и еко система у целини.

Упознавање са особинама ваздуха је најбоље, као и у другим сличајевима, пропратити одговарајућим школским огледима.

Лично искуство, које се стиче приликом извођења демонстрационог огледа или огледом у лабораторији, не може се заменити другачијим приступом. Код извођења огледа у лабораторији, посматрач је у ситуацији да оглед посматра из разних перспектива, бирајући ону која му је најзгоднија. При том се уочавају и бројне пратеће појаве, које се и не спомињу код њеног каснијег вербалног или текстуалног описивања. Приликом

понављања огледа могу се мењати поједине величине од интереса и сагледавати њихов утицај на посматрани процес. У наставку су приказани неки огледи, који су погодни за извођење као демонстрациони или као лабораторијски.

ФИЗИЧКЕ ОСОБИНЕ ВАЗДУХА

Ваздух је гас без боје мириса и укуса. Ово је основни опис ваздуха проистекао из чињенице да смо њиме окружени непрекидно и да су наша чула адаптирана да га посебно не региструју. Дакле, све што видимо на небу, све што осетимо као мирис или укус, није ваздух. Ипак ваздух није „ништа“, он има свој састав, има своју масу и густину.

Ваздух је, као што је познато, смеша гасова са средњом моларном масом 29 атомских јединица масе. Највећи удео у њему има азот са око 78 процената. Следи кисеоник са око 20 процената а затим аргон са једним процентом. Угљен диоксид је на четвртом месту са око 0,04 процента. Сви остали гасови стално присутни у атмосфери деле преостали један проценат учешћа. Како су азот и кисеоник изразити молекуларни гасови то се и ваздух може сматрати молекуларним гасом.

Његова густина у приземном слоју, који је нама од посебног интереса износи око 1,25 kg/m^3. Ово је знатно мање него што је то густина воде на пример али није безначајно. Примера ради коцка ваздуха чије су стране свака величине 10 m, има масу од 1,25 тона. Густина ваздуха опада са висином на сличан начин као што опада и притисак (приближно експоненцијално), док је удео појединих гасова стабилан у првих 100 km висине.

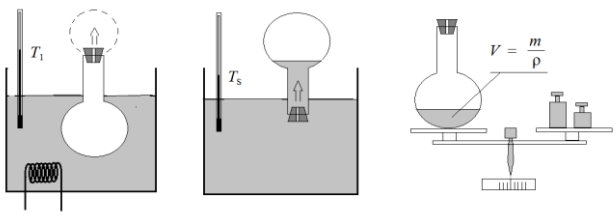
Осим стално присутних гасова у ваздуху се налази мања или већа количина водене паре а то се по потреби наглашава коришћењем термина влажан ваздух. Ово је од посебног значаја јер је водена пара у ваздуху са својом променом фазе и латентном топлотом, која се том приликом везује или ослобађа, та која нам приређује бројне појаве као што су облаци, киша, снег, град, магла, иње, леденице које висе са кровова.

Ширење са порастом температуре на сталном притиску

Ваздух нема сталну запремину, а запремина посматраног ваздушног региона ће зависити од температуре на којој се налази[1,2]. Загревамо ли ваздух у отвореној боци, он ће се ширити и делом изаћи из ње. Установљено је да је ово ширење сразмерно промени температуре, па ће нова запремина бити већа од почетне а то се описује изразом:

$$V = V_o\left(1+\gamma\cdot\Delta T\right). \qquad (1)$$

У овом изразу је са *γ* означен тзв. *кубни коефицијент ширења*. Он се може одредити у једноставном експерименту. Потребна је боца са прорезаним чепом, посуда са топлом водом у коју се ова боца може сместити и већа посуда са водом на собној температури.



СЛИКА 3. Загрејани ваздух се шири из суда. Ако се боца окрене и охлади, уместо ваздуха ће у њу ући вода једнаке запремине. Ова запремина се може одредити мерећи масу воде.

Боца коју користимо, на почетку огледа има собну температуру. Ваздух у њој такође. Приликом овог огледа притисак је константан и једнак притиску околине. Ставимо затим ову боцу у водено купатило и загревамо до неке повишене температуре. Ваздух из боце ће се кроз отворен чеп ширити у околни простор (слика 3 лево). Нова укупна запремина је већа од првобитне.

Треба одредити колика је промена запремине ваздуха.

Ово ћемо урадити тако што затворимо чеп прстом, извадимо боцу из воденог купатила и пренесемо у кадицу са водом, која има собну температуру. Овог пута чеп окренемо надоле и уронимо у воду. Како се боца хлади, хлади се и ваздух у њој, који сада заузима мању запремину а на његово место улази вода из кадице (слика 3 у средини). Сада се може видети који део запремине ваздуха је претходно изашао из боце, односно коју запремину заузима вода у боци.

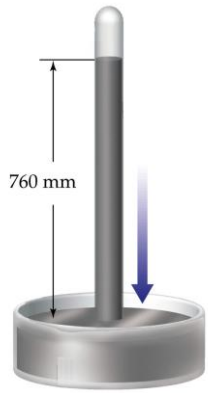
Колика је та запремина?

Искористићемо чињеницу да је густина воде добро позната и да можемо узети да је она једака 10^3 kg/m^3 (1 g/cm^3). Затворимо чеп док је он у кадици, да вода не исцури, окренемо и осушимо споља а затим на техничкој ваги измеримо масу боце са овом водом. Ако смо на почетку измерили масу саме боце, можемо одузимањем одредити масу воде а и њену запремину (слика 3 десно).

Оглед се може поновити за више различитих температура у воденом купатилу. Измерене вредности се могу приказати графички као $V = f(T)$.

Притисак ваздуха, његова промена са висином

Како ваздух има масу, а налази се у Земљином гравитационом пољу он ствара притисак на подлогу. Као и код других флуида тај притисак је једнак и у свим другим правцима. Први је Торичели одредио вредност овог притиска, што је био велики искорак у научном смислу. Ваздух врши притисак на отворени део суда и он је једнак притиску који ствара жива у затвореном делу. Ова вредност одређује нормални атмосферски притисак на нивоу мора[3,4]. Показало се да се вредност притиска мења са позицијом на којој се мери, нешто мање по хоризонтали а знатно више са надморском висином.



Потисак

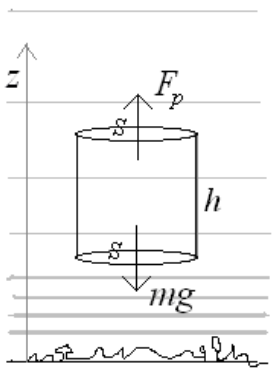
Атмосфера је у непрекидном кретању али се ипак одржава стационарно стање захваљујући балансу сила и процеса који се у њој јављају. Посматрајмо неку запремину ваздуха, на некој висини. Шта њу држи ту где јесте? Узећемо у разматрање силу земљине теже, али и силу потиска која се јавља услед опадања притиска са висином. У равнотежном стању ове су силе једнаке по интензитету а супротног су смера [2,4,5]. Ово је приказани на наредној скици. Изједначавањем ових сила, следи једнакост:

$$\frac{\Delta p}{\Delta z} \cdot h \cdot S = -\rho \cdot S \cdot h \cdot g \,. \qquad (2)$$

У овом изразу са *S* је означен попречни пресек посматраног цилиндра ваздуха, са *h* његова висина а са $\Delta p / \Delta z$ промена притисака са висином.

Одакле је:

$$\frac{\Delta p}{\Delta z} = -\rho g \,. \qquad (3)$$



Последњи израз је познат као једначина хидростатичког баланса. Ако густину заменимо преко једначине гасног стања: $p = \rho \cdot R_v T$, где је $R_v = R/\mu$ специфична гасна константа ваздуха, где је R универзална гасна костанта а μ моларна маса, следи:

$$\frac{dp}{p} = d\ln p = -\frac{g}{R_v T} dz \,. \qquad (4)$$

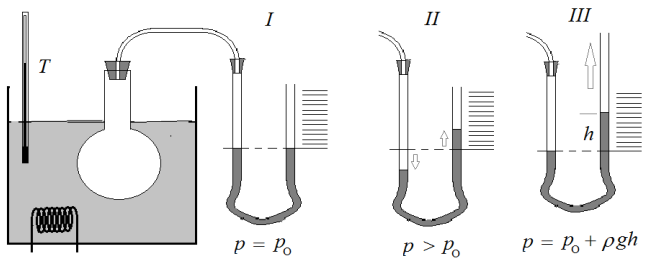
Интеграцијом последњег израза добијамо познати израз којим се описује опадање притиска ваздуха са висином [1,2] (***барометарска једначина***):

$$p(z) = p(0) \cdot e^{-\frac{g}{R_v T} z} \,. \qquad (5)$$

Ваздушни притисак опада са висином по приближно експоненцијалном закону. За детаљнију анализу треба узети у обзир и промену температуре са висином $T = T(z)$. Код већих висина, присутна је и промена убрзања g.

Промена притиска са повећањем температуре при сталној запремини

Загревамо ли ваздух у затвореној боци притисак у њој ће да расте. Начин на који расте притисак када се овако затворен ваздух загрева приказан је у наредном огледу. Стаклени балон је затворен чепом а еластичним цревом је везан на „U“ цев са живом. Овај балон се све време налази у воденом купатилу као што је приказано на наредној слици (слика 4). На почетку мерења водено купатило, балон и ваздух у њему имају температуру једнаку собној температури.



СЛИКА 4. Поступак мерења. На почетку је ваздух имао собну температуру а притисак у њему је био атмосферски (*I*). Када се гас греје њему расту и притисак и запремина (*II*). Подизањем десне цеви запремина се враћа на почетну вредност (*III*).

Запремина коју заузима ваздух је једнака запремини балона али и запреминама еластичног црева и дела „U“ цеви до површине живе (слика 4, *I*). Можемо констатовати да на почетку мерења посматрана количина ваздуха има одређену запремину, температуру једнаку собној температури и притисак који је једнак атмосферском (и собном) притиску.

Загрејемо ли (преко воденог купатила и балона) ваздух у балону, он ће почети да се шири потискујући живу у левом делу „U“ цеви (слика 4, *II*). Да би запремина ваздуха остала стална десни крај „U“ цеви подижемо до мере када се леви врати до почетног положаја. На десној страни ће се појавити стуб живе изнад овог нивоа који ће одређивати додатни притисак (слика 4, *III*):

$$p = p_o + \rho g h\,. \tag{6}$$

Мерења се могу поновити за већи број вредности температура а прикупљени подаци приказати графички. Очекује се да пораст притиска има линеарну зависност облика

$$p = p_o\left(1+\alpha\cdot\Delta T\right). \tag{7}$$

Динамичке карактеристике

У слободној атмосфери посматрана запремина ваздуха је окружена ваздухом приближно истих карактеристика. Зато не може доћи до велике промене густине па се он може третирати као нестишљив флуид (ово неће важити ако се ваздух налази у неком затвореном простору). Ваздух ће као и сваки флуид покренути разлика у притисцима. За овакво кретање важиће Бернулијева једначина којом се исказује чињеница да је сума притисака код оваквог флуида који струји у неком простору у пољу Земљине теже константна:

$$p + \rho g h + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 = Const. \tag{8}$$

Ово ће важити за сваку тачку дуж линије струјања. Коришћењем овог сазнања, могу се описати бројни ефекти који су повезани са струјањем ваздуха.

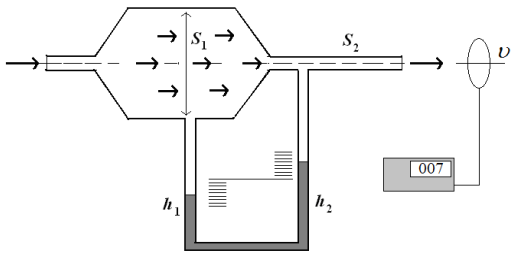
Једна од последица овога је да струјање флуида кроз два различита попречна пресека ствара разлику у притисцима. При том уз већу брзину струјања иде снижавање притиска. Истовремено, важи да је количина оваквог флуида која прође кроз ма који попречни пресек у јединици времена константна, производ:

$$S\cdot\frac{\ell}{t} = S\cdot\frac{\upsilon\cdot t}{t} = S\cdot\upsilon = Const. \tag{9}$$

У огледу са Вентуријевом цеви ово се може лепо демонстрирати.

Посматрамо струјање ваздуха кроз цев са два попречна пресека S_1 и S_2 $\left(S_1 >> S_2\right)$. Овде су струјне цеви на истој висини (у једној хоризонталној равни) па је члан $\rho g h$ једнак на обе стране и може се изоставити. Након трансформације следи:

$$\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2 = \frac{2}{\rho}\left(p_1 - p_2\right). \tag{10}$$



СЛИКА 5. Оглед са Вентуријевом цеви. Мери се разлика у притисцима у функцији брзине струјања ваздуха.

Како су протоци једнаки, то је: $S_1\upsilon_1 = S_2\upsilon_2$. Одавде се υ_1 може изразити преко υ_2 одакле следи зависност брзине истицања од разлике у притисцима[5]:

$$\upsilon_2^2 = \frac{2}{\rho}\frac{S_1^2}{S_1^2 - S_2^2}\left(p_1 - p_2\right). \tag{11}$$

Струјање ваздуха се мери анемометром. Разлика притисака у цевима се мери на основу разлике нивоа течности унутар „U“ цеви. Може се лако демонстрирати да ће се са повећањем брзине струјања ваздуха повећати и разлика у притисцима.

Код Питоове цеви отвор је окренут наспрам ваздушног струјања и нормалан је на њега. Како су хидростатички притисци једнаки а унутар цеви нема кретања, једначина се редукује на једнакост динамичког притиска ваздуха и повећаног притиска унутар цеви.

Данас се Питоова цев стандардно користи у авиоиндустрији за одређивање брзине лета авиона у односу на ваздух. Ово је од значаја због потребне релативне брзине оптицања, која ће обезбедити довољан узгон на крилима авиона. Брзина кретања авиона у односу на тло и брзина у односу на околни ваздух не морају да буду једнаке, поготово ако у области дувају јаки ветрови.

ЗАКЉУЧАК

Ваздух је свима нама неопходан за живот. Његов састав који је десетинама хиљада година био непромењен убрзано се мења задњих деценија и то људским активностима. Ово може на разне начине угрозити поједине биолошке врсте па и човеков опстанак. Упознавање млађих генерација са ваздухом и његовим особинама може допринети бољем разумевању ових проблема и њиховом укључивању у заштиту ваздуха, воде и еко система у целини.

Упознавање са особинама ваздуха је најбоље, као и у другим случајевима, пропратити одговарајућим школским огледима, који могу бити демонстрациони или у виду експеримента у лабораторији. У сваком случају треба истаћи значај очувања квалитета и активан допринос смањивању његовог свакојаког загађивања.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Е. Фриш, и А. В. Тиморјева, Курс опште физике, књига 1, Завод за издавање уџбеника СР Србије, Београд, 1969.
2. Р. Феиман, Р. Леитон, М. Сендс, Фејмановские лекции по физике, Мир, Москва, 1977.
3. Љ. Нешић, Поглавља методике наставе физике, Ниш, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, 2015, стр. 207-243
4. М. К. Радовић и Д. Ђ. Радивојевић, *Огледи у којима се одређује брзина звука у ваздуху*, Настава физике, бр.1. (2015) стр. 182-191
5. М. К. Радовић и Д. Ђ. Радивојевић, Механика кроз експерименте, ПМФ, Ниш, 2016.
6. https://jvandenbrooks.files.wordpress.com/2012/05/science-2007.pdf
7. https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html

Примена светлости у наномедицини

Милица Матијевић, Маријана Петковић, Милутин Степић

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд, Србија

Апстракт. Видљива светлост ниског интензитета се користи у терапеутске и козметичке сврхе, офтамологији, стоматологији и хирургији. Фотодинамичка терапија представља комбиновани приступ лечења разних болести укључујући псоријазу, вирусне инфекције и рак у коме се користе фотоосетљиви лекови који се преносе до оболелог ткива или органа помоћу разних врста наночестичних носача као што су честице титандиоксида, злата, полимерне мицеле, квантне тачке или карбонске нанотубе. У мултидисциплинарне истраживачке тимове су по правилу укључени: физичари, хемичари, биолози, фармацеути, лекари и инжињери. За разлику од стандардних начина лечења рака као што су хемотерапија, радиотерапија и ампутација, фотодинамичка терапија се одликује високом селективношћу и поновљивошћу, неинвазивношћу, нижом токсичношћу и смањеном учестаношћу поновног појављивања болести после третмана. Наночестични носачи, сем фотоосетљивих лекова који се активирају светлошћу непосредно на оболелом месту у организму, могу да служе и за пренос агенаса за такозвани молекуларни имиџинг који служи за прецизно лоцирање тумора, визуелно праћење расподеле лека у организму као и самих реакција у оболелом ткиву. Представљени експериментални резултати су добијени уз помоћ групе ученика средњих школа, укључених у институтски програм за промоцију и популаризацију науке „Винчине научионице 2016“, и објављени у оквиру прегледног рада у часопису „Хемијски преглед“.

Кључне речи: светлост, наночестице, рак, фотодинамичка терапија, Винчине научионице.

УВОД

Сунчева светлост се користи као терапеутско средство више од три хиљаде година. Још су стари Кинези, Египћани и Индуси употребљавали светлост у лечењу рахитиса и кожних обољења као што су витилиго и псоријаза. У САД и неким нордијским земљама, светлост се користи у терапији депресије и поспаности током зимских месеци. Открићем ласера 1960. године долази до све веће примене светлости у медицинске и козметичке сврхе. Ласерска светлост се, рецимо, употребљава у оралној и зубној хирургији свих меких ткива као и за: уклањање бубуљица и брадавица, уклањање тетоважа, уклањање камена у бубрегу те скидање диоптрије у офтамологији [1].

Рак представља групу обољења која испољавају неконтролисан ћелијски раст с потенцијалом ширења по организму. У већини индустријски развијених земаља, рак (уз кардиоваскуларне болести) спада у болести које однесу највише људских живота док у сиромашним земљама највише људи још увек умире разних због заразних болести и изгладнелости али је и у овим земљама присутан сталан раст броја оболелих и преминулих од рака.

Традиционалне терапије у лечењу рака као што су хемотерапија, радиотерапија и хирургија укључују деликатну равнотежу између између уништавања (или уклањања)

оболелог ткива и поштеде околних, још увек здравих ћелија. Ове терапије су неселективне и испољавају читав низ штетних нуспојава укључујући губитак функционалности здравих ћелија обухваћених третманом, пад имунитета и поновну појаву рака након завршетка терапије.

ФОТОДИНАМИЧКА ТЕРАПИЈА У НАНОМЕДИЦИНИ

Фотодинамичка терапија представља релативно нов приступ лечењу кожних болести, вирусних упала и рака [2]. Терапија се састоји у комбиновању светлости с фотоосетљивим супстанцама које под утицајем светлости ослобађају слободне радикале или синглетни кисеоник који су у стању да оштете или униште ћелије рака. Користе се светлосне дозе које самостално не изазивају никакве нуспојаве у организму а тежи се употреби фотоосетљивих супстанци које саме по себи нису токсичне, које се неће апсорбовати у организму током доставе до оболелог ткива или органа, које имају висок ефикасни пресек за апсорпцију светлости и које се могу лако уклонити из организма након третмана. Треба напоменути да се активација лекова у организму може извести и помоћу ултразвука, магнетног поља, промене температуре, промене pH вредности средине,...

Фотоосетљиве супстанце се обично уносе у организам помоћу наночестица димензија мањих од 100 nm [3]. Овакве наночестице су мање од биолошких органела а упоредиве су по величини с биолошким макромолекулима. У наномедицини се користе разне врсте наночестичних носача као што су: полимерне мицеле, дендримери, квантне тачке, угљеничне нанотубе, наночестице злата и титандиоксида.

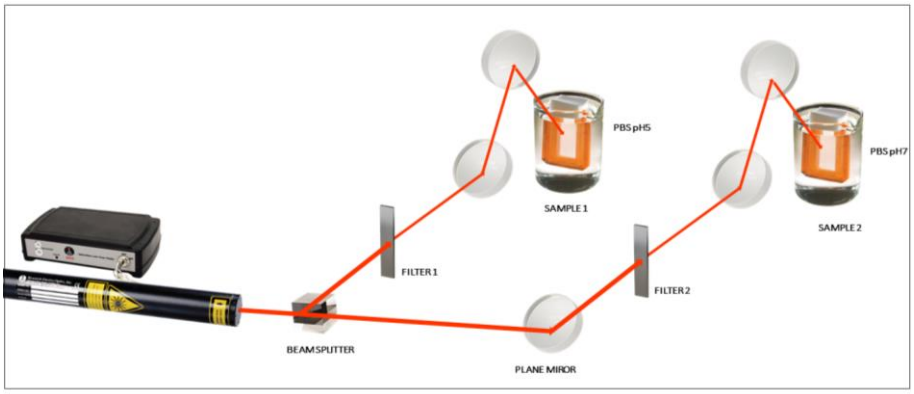
Површинском модификацијом наночестица је могуће прикачити већи број различитих лекова који се активирају светлошћу на оболелом месту у организму и агенаса који могу да послуже за визуелно праћење расподеле лекова у организму и веома прецизно одређивање положаја и облика рака. У употреби су разне методе добијања слика оболелих ткива уживо као што су: двофотонска луминисценција, фотоакустична томографија, површински појачано Раманово расејање и компјутеризована томографија [4].

КОНТРОЛИСАНА ДОСТАВА ФОТООСЕТЉИВИХ ЛЕКОВА

Истраживања у оквиру фотодинамичке терапије захтевају мултидисциплинаран приступ и предзнање из области оптике, биофизике, фотохемије, биохемије, медицине, фармације, наноинжињеринга,... Представљени резултати су део експерименталног проучавања отпуштања фотоосетљивих лекова на бази комплекса рутенијума у контролисаним условима у Институту за нуклеарне науке „Винча“. У делу истраживања посвећеном отпуштању лекова с наночестичних носача додатно обложених фосфолипидним слојем је учествовало и десетак средњошколаца у оквиру институтског програма за промоцију и популаризацију науке „Винчине научионице 2016“ [5].

Као наночестични носач су коришћене наночестице титандиоксида сферног облика пречника 5nm. Обасјавањем ултраљубичастом светлошћу стварају се парови „електрон-шупљина“ који реагују са кисеоником из ткива и стварају реактивне кисеоничне врсте (као што су HO_2, O_2^-, OH^- и $^1O_2$) које изазивају програмирану ћелијску смрт циљаних ћелија рака. Детаљан опис материјала и метода коришћених за добијање и карактеризацију нанокомпозитног система који се састоји од површински модификованих наночестица титандиоксида и комплекса на бази рутенијума се може наћи у [6].

На слици 1 је приказан део експерименталне поставке коришћене приликом испитивања отпуштања лекова из нанокомпозитног система под дејством светлости у контролисаним условима. Испитивана је зависност отпуштања лека у посуду с физиолошким раствором од таласне дужине и интензитета светлости. Посуде су стављене на магнетне мешалице у циљу спречавања таложења лека. За сваки експеримент је рађена и тзв. „контрола“ која се налазила у мраку. Нађени су оптималне вредности параметара као што су: концентрација комплекса у нанокомпозитном систему, интензитет светлости и број обртаја у минути магнетне мешалице.



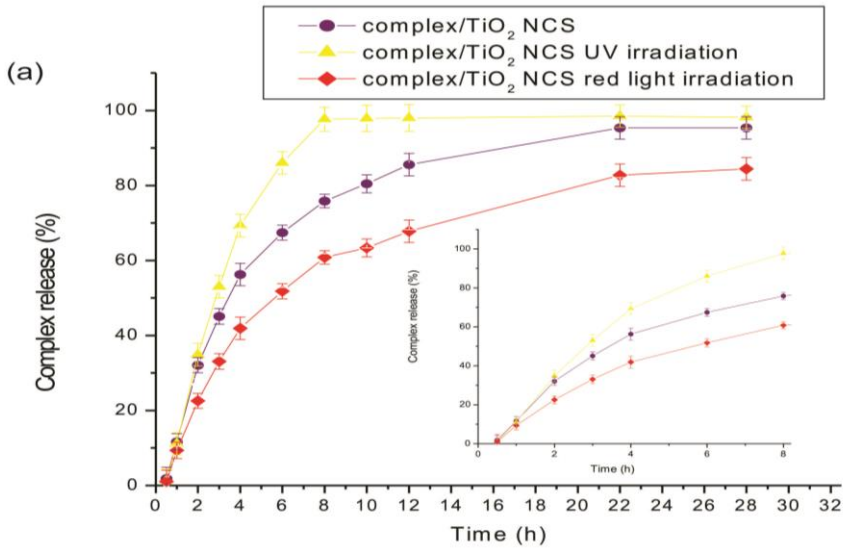
СЛИКА 1. Шема дела експерименталне поставке.

Ученици су самостално склопили експерименталну поставку у којој је испитиван утицај интензитета ласерске светлости црвене боје (He Ne ласер, снага 2mW, таласна дужина 632nm) на брзину отпуштања комплекса у физиолошки раствор (који симулира услове у организму). На слици 1 је приказан случај у коме је почетни ласерски сноп подељен на два снопа чија је снага изједначавана помоћу неутралних рефлексионих филтера оптичке густине.

У мерењима зависности брзине отпуштања комплекса у физиолошки раствор од таласне дужине светлости (види слику 2) је коришћена видљива или ултраљубичаста светлост снаге (60±3)mW за коју смо експериментално показали да не изазива никакве промене на ћелијској линији меланома A375 [6]. Могуће је уочити да обасјавање црвеном светлошћу успорава отпуштање комплекса док обасјавање ултраљубичастом светлошћу (UV-C лампа, снага 15W, максимум зрачења на таласној дужини од 254nm) убрзава отпуштање комплекса у односу на контролу која се налазила у мраку. На основу ових резултата се може претпоставити да је могуће контролисати брзину доставе лекова у организму променом услова осветљавања пацијента. На исечку слике 2 се може видети увећани део криве отпуштања комплекса после првих 8 сати експеримента током којих долази до експлозивног раста концентрације отпуштеног комплекса који се у целости отпусти само у случају обасјавања ултраљубичастом светлошћу док криве отпуштања у мраку и у случају обасјавања видљивом светлошћу не достижу засићење ни после више од 30 сати мерења.

Фотодинамичка терапија рака се сусреће с неколико проблема од којих су најзначајнији ограничен домет продирања светлости кроз ткива (углавном услед апсорпције и расејања светлости) и расипање фотоосетљивог лека током доставе до оболелог места у организму. Ово расипање, проузроковано апсорпцијом лека од стране

здравих ћелија у организму, се може смањити инкапсулацијом нанокомпозитног система у фосфолипидни омотач [7].

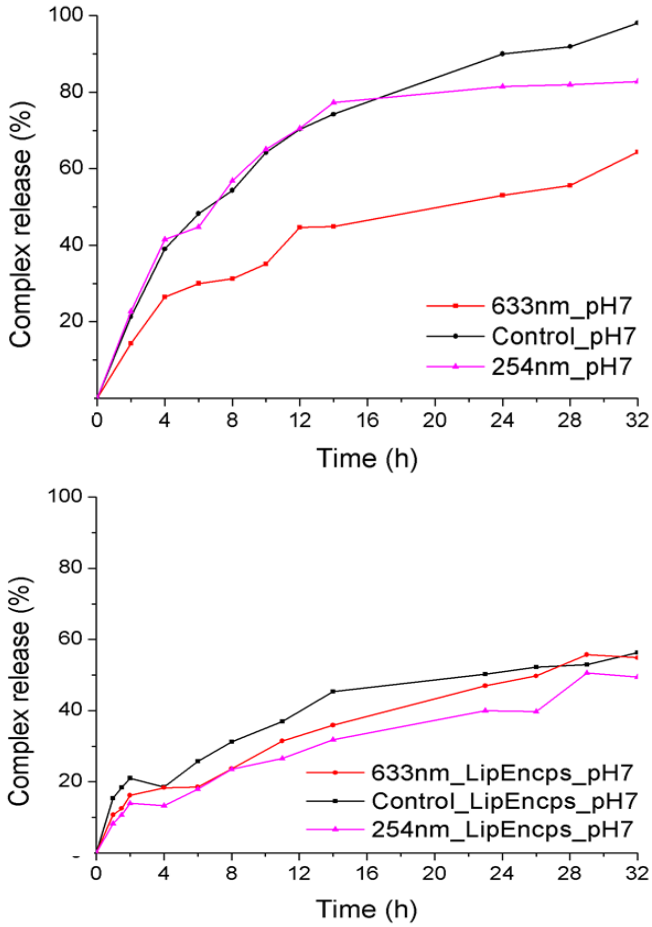


СЛИКА 2. Крива отпуштања нанокомпозитног система у физиолошки раствор у функцији времена[6]. Црвена линија одговара кривој добијеној озрачивањем црвеном светлошћу, жута линија одговара резултатима добијеним озрачивањем ултраљубичастом светлошћу док љубичаста линија одговара контролном мерењу добијеном у мраку.

На слици 3 је приказана зависност брзине отпуштања неинкапсулираног и инкапсулираног комплекса у физиолошки раствор од таласне дужине светлости. Приметно је да фосфолипидни омотач значајно успорава отпуштање комплекса у посуду с физиолошким раствором у мраку (крива црне боје) на основу чега се може претпоставити да би се током доставе лека до оболелог ткива мање лека апсорбовало од стране околних здравих ћелија.

За разлику од комплекса на слици 2 чија је pH вредност pH=2,5, комплекс на слици 3 има pH вредност која одговара вредности у ћелијама људског организма (pH=7). Уочљиво је да обасјавање нанокомпозитног система како видљивом (црвена линија на слици 3) тако и ултраљубичастом светлошћу (љубичаста линија на слици 3) претежно доводи до успореног отпуштања комплекса на бази рутенијума у физиолошки раствор. Инкапсулација је додатно успорила отпуштање комплекса у раствор и у случајевима када је нанокомпозитни систем обасјаван светлошћу различитих таласних дужина. У експериментима с инкапсулираним нанокомпозитним системом је коришћена нешто већа снага од (80±4)mW. У току су експерименти у којима се покушава пронаћи таласна дужина светлости која би одговарала максимуму апсорпције фосфолипида коришћених за облагање нанокомпозитног система.

Узорци помоћу којих су добијени резултати представљени на сликама 2 и 3 су узимани на свака два сата од почетка експеримента. Ученици су узели неколико првих узорака и у посуде досипали исту запремину физиолошког раствора (0,7 ml). Такође су учествовали у припреми нанокомпозитног система и мерењу апсорбанце узетих аликвота раствора на 310nm из којих је срачуната брзина отпуштања комплекса у физиолошки раствор.



СЛИКА 3. Крива отпуштања неинкапсулираног (горе) и инкапсулираног (доле) нанокомпозитног система у физиолошки раствор у функцији времена [7]. Црвена линија одговара кривој добијеној озрачивањем црвеном светлошћу, љубичаста линија одговара резултатима добијеним озрачивањем ултраљубичастом светлошћу док црна линија одговара контролном мерењу добијеном у мраку.

ЗАКЉУЧАК

У раду су приказани експериментални резултати отпуштања фотоосетљивог комплекса у физиолошки раствор. Показано је да брзина отпуштања зависи од таласне дужине употребљене светлости, pH вредности нанокомпозитног система као и инкапсулације у фосфолипидни омотач. На основу добијених резултата се може претпоставити да би променом горепоменутих параметара могла да се контролише достава фотоосетљивог лека до оболелог ткива. У делу истраживања су учествовали ученици неколико средњих школа у оквиру физичке, хемијске и биолошке радионице институтског програма за промоцију и популаризацију науке "Винчине научионице 2016".

ЗАХВАЛНИЦА

Рад је делимично помогнут средствима пројеката ОИ 172011 и ИИИ 45010 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Учешће ученика је делимично омогућено средствима добијеним од Града Београда за пројекат „Ускочи у Винчин захуктали воз знања“.

ЛИТЕРАТУРА

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Low_level_laser_therapy (2018).
2. Z. Huang, H. Xu, A. D. Meyers, A. I. Musani, L. Wang, R. Tagg, A. B. Barqawi, Y. K. Chen, Photodynamic therapy for treatment of solid tumors - potential and technical challenges, *Technology in Cancer Research & Treatment*, **7**(4), 309-320 (2008).
3. D. K. Chatterjee, L. S. Fong, Y. Zhang, Nanoparticles in photodynamic therapy: An emerging paradigm, *Advanced Drug Delivery Reviews*, **60**, 1627-1637 (2008).
4. H.-C. Huang, S. Barua, G. Sharma, S. K. Dey, K. Rege, Inorganic nanoparticles for cancer imaging and therapy, *Journal of Controlled Release*, **155**, 344-357 (2011).
5. С. Ненадовић, М. Петковић, М. Степић, Винчине научионице, Зборник предавања, програма радионица, усмених излагања, постер радова и прилога са XXXII Републичког семинара о настави физике, 56-65 (2014).
6. M. Nešić, J. Žakula, L. Korićanac, M. Stepić, M. Radoičić, I. Popović, Z. Šaponjić, M. Petković, Light controlled metallo-drug delivery system based on TiO_2-nanoparticles and Ru-complex, *Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry*, **347**, 55-66 (2017).
7. М. Матијевић, Ј. Милетић, М. Радоичић, А. Николетић, А. Петровић, А. Станић, Б. Дачевић, М. Стошић, М. Недељковић, М. Милутиновић, С. Корać, С. Божовић, Т. Цветановић, Нанокомпозитни фотодинамички систем за контролисану доставу медикамената базираних на комплексима прелазних материјала, *Хемијски преглед*, **58**(3), 67-82 (2017).

Što je to entropija?

Franjo Sokolić

Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Splitu, Hrvatska

Apstrakt. Entropija se pojavljuje kroz dva osnovna pojma fizike, prvi je vezan za fenomen ireverzibilnosti, a drugi za ideju da ne postoji *perpetuum mobile* koji bi termičku energiju u potpunosti pretvorio u rad (Drugi zakon termodinamike). Njome se bave termodinamika i statistička fizika, koja nastoji izvesti termodinamičke principe iz mehaničkih zakonitosti, ali to do kraja ne uspijeva, jer se suočava sa sukobom između mikroskopske reverzibilnosti i makroskopske ireverzibilnosti. Ono neuhvatljivo u svemu tome, skriva se upravo iza pojma entropije.

Ključne reči: entropija, energija, termodinamika, statistička fizika.

UVOD

Termodinamika ima poseban status u okviru fizike. Za razliku od mehanike ili elektrodinamike, ona je općenitija, jer nije ograničena na određeni tip fenomena kojima se bavi. Relevantna je za bilo koji sustav koji se sastoji od veliksog broja konstitutivnih elemenata, tj. sustava sa velikim brojem unutarnjih stupnjeva slobode. Općenito, energija može biti mehanička, gravitacijska, električna, magnetska ili nuklearna i može se pretvoriti iz jednog oblika u drugi, a da pri tome uvijek ostaje sačuvana. Pojavljuje se u obliku kinetičke ili potencijalne energije i one se stalno pretvaraju jedna u drugu. Ona može biti makroskopska, kao što je energija vjetra i električne baterije, ili mikroskopska, kao energija molekula ili atomskih jezgri. Mikroskopski objekti su opisani zakonima kvantne mehanike, ali se pri tome važnost energije ne umanjuje, dok sila kao pojam skoro potpuno nestaje. Osnovna je razlika s obzirom na makroskopske procese u tome što se energija izmjenjuje u paketima – kvantima, konačnog iznosa.

O ENERGIJI I ENTROPIJI U OKVIRU TERMODINAMIKE

Postoji još jedna energija, koju treba posebno istaknuti, zato što se ona donekle razlikuje od ostalih, a to je termička energija. Da bi nju opisali moramo razmotriti dva dodatna pojma: toplinu i temperaturu. Iako su ti pojmovi prisutni u našem svakodnevnom jeziku, njihovo je značenje u fizici vrlo specifično i kompleksno. Tim pojmovima se bavi termodinamika i statistička mehanika. Termodinamika je fenomenološka teorija koja razmatra makroskopska svojstva tijela, kao što su gustoća, tlak i temperatura. Tvrdnja da je neka teorija fenomenološka znači da ona barata samo direktno mjerljivim veličinama, a da pri tome ne ulazi u dublji opis promatranih fenomena. Odnosi među tim veličinama određeni su nekim fundamentalnim principima, a u ovom slučaju to su zakoni termodinamike. Ti zakoni se ne dokazuju *a priori* iz nekih dubljih principa, već *a posteriori*, tako da se iz njih izvode zaključci koji trebaju biti u suglasnosti s eksperimentalnim rezultatima. Termodinamika je vrlo općenita i govori o energiji koja se može izmjenjivati na dva načina, kao rad ili kao toplina.

Da bi ilustrirali o čemu govorimo, poslužiti ćemo se primjerom plina u cilindru koji je zatvoren klipom. Položaj klipa održava se izvana, što definira vanjski tlak. U stanju ravnoteže plin će imati određene vrijednosti gustoće, temperature i unutrašnjeg tlaka, koji je jednak vanjskom tlaku. Postoje tri vrste ravnoteže: mehanička, koja odgovara izjednačenju tlakova; termička, koja odgovara izjednačenju temperatura; te kemijska koja odgovara izjednačenju kemijskog potencijala. Kemijska ravnoteža se uspostavlja bilo u slučaju prijelaza između različitih faza (plinske, tekuće ili krute) ili između različitih kemijskih supstanci (npr. kisika, vodika i vode). Ravnotežno stanje promatranog sistema može se promijeniti na dva načina, vršenjem rada ili izmjenom topline. Vršeći rad mijenjamo vanjska ograničenja sistema, npr. volumen sustava pomicanjem klipa, pa tim procesom sustav prelazi u novo ravnotežno stanje. Drugi oblik termodinamičkog procesa je izmjena topline, pri čemu se također mijenja stanje sustava, ali bez promijene vanjskih ograničenja. Pri jednom i drugom procesu promijeni se unutarnja energija sustava. Promjena unutarnje energije tijela jednaka je zbroju izvršenog rada i izmijenjene topline, što predstavlja iskaz Pvog zakona termodinamike. Razlika između njih je u tome da je unutarnja energija funkcija stanja, pa je njezina infinitezimalna promjena totalni diferencijal, dok su rad i toplina funkcije procesa i njihove male promjene nisu totalni diferencijali. Ukupnu količinu izvršenog rada ili izmijenjene topline tokom nekog procesa možemo odrediti samo ako znamo sve detalje tog procesa, dok je za promjenu unutarnje energije dovoljno da znamo početno i konačno stanje. Među termodinamičkim procesima posebno se izdvajaju kvazistatički odnosno reverzibilni procesi. Kvazistatički procesi su oni za koje je u svakom trenutku procesa sustav u ravnotežnom stanju, a reverzibilnost označava činjenicu da će se, ako infinitezimalno promijenimo vanjske uvjete, proces početi odvijati u suprotnom smjeru, što odgovara kvazistatičnosti. Unutrašnja energija ne može se u potpunosti iskoristiti za vršenje rada. Dio energije koji se ne može iskoristiti za vršenje rada ovisi o temperaturi i entropiji tijela.

Ideja entropije proizlazi iz analize rada toplinskih strojeva koju je proveo Sadi Carnot (1796-1832.), genijalni francuski inženjer i fizičar. U svom radu *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824) on je zaključio dvije važne stvari:

1. Toplinski stroj mora raditi u kontaktu s dva termička rezervoara, da bi mogao funkcionirati. On ne može crpiti toplinu iz jednog rezervoara i pretvarati je u potpunosti u rad, bez da jedan dio preda hladnijem spremniku. To je iskaz Drugog zakona termodinamike.

2. Efikasnost toplinskog stroja ne ovisi samo o razlici temperatura dvaju rezervoara, već i njihovoj apsolutnoj vrijednosti.

Činjenica da postoji apsolutna skala temperature znači da je ona neovisna o svojstvima pojedinih tijela, kao što je termička rastezljivost, koja se obično koristi za mjerenje temperature kod standardnih termometara. Osim toga, ona ima jedno vrlo važno svojstvo, donju granicu koju je nemoguće prijeći, a to je apsolutna nula temperature i iznosi -273,5°C. Na apsolutnoj nuli entropija svakog tijela iščezava. Treći zakon termodinamike upravo kaže da je u stvarnosti nemoguće doseći temperaturu apsolutne nule. Na vrlo niskim temperaturama, koje se mogu eksperimentalno postići, od nekoliko milijunitih dijelova jednog kelvina, ponašanje materije je vrlo neobično, jer u tim uvjetima vladaju zakonitosti kvantne fizike. Između ostalog slobodni elektroni mogu biti u stanju supravodljivosti, a molekule u tekućini u stanju suprafluidnosti.

Rad i toplina su funkcije procesa i njihove infinitezimalne promjene nisu totalni diferencijali, dok slobodna energija i entropija predstavljaju funkcije stanja. Integral funkcije stanja po zatvorenom putu jednak je nuli, dok za funkcije procesa to nije tako. Drugim riječima, pri kružnom procesu, ukupan izvršeni rad ili toplina izmijenjena sa okolinom mogu biti različiti od nule, ali promjena entropije sustava biti će jednaka nuli. Rudolf Clausius (1822-1888.) je zaključio da za promjenu entropije vrijedi nejednakost

$$dS \geq \frac{\mathrm{dQ}}{T} \tag{1}$$

a jednakost vrijedi pri reverzibilnom procesu. Pri prijelazu iz stanja 1 u stanje 2 promjena entropije je upravo

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{đQ}{T} \tag{2}$$

ako je proces bio reverzibilan, ili više od toga ako je proces bio ireverzibilan – nepovratan. Slovo d označava totalni diferencijal, a đ označava diferencijalnu formu koja nije totalni diferencijal. Drugim riječima izraz 1/T predstavlja integracijski faktor koji prevodi diferencijalnu formu đQ u totalni diferencijal dS. Postoji teorem iz teorije parcijalnih diferencijalnih jednadžbi koji kaže da za svaku diferencijalnu formu postoji integracijski faktor.

Da li mi znamo čemu odgovara promjena entropije? Iz Carnot-ove analize idealnih termičkih strojeva jedino možemo zaključiti da termičku energiju ne možemo u potpunosti pretvoriti u rad, što znači da ona nema istu vrijednost kao mehanička ili električna energija. Mjera te manjkavosti termičke energije je entropija. Drugim riječima, entropija mjeri svojstvo termičke energije da nije u potpunosti ekvivalentna drugim oblicima energije, jer se nikad ne može u potpunosti pretvoriti u te druge oblike, već jedan dio uvijek mora ostati u tom obliku. To znači da nikakav proces ne može imati kao rezultat da se globalna srednja temperatura smanji, već se ona može smanjiti samo lokalno, nauštrb povećanja temperature na nekom drugom mjestu. Dva izvrsna udžbenika termodinamike su Callen [1] i Reiss [2].

Dodatan uvid u pojam entropije možemo steći kroz statističku mehaniku. Povijesni razvoj je dan u knjizi Hermana-a [3].

O ENERGIJI I ENTROPIJI U OKVIRU STATISTIČKE MEHANIKE

Statistička mehanika polazi od mikroskopske slike prema kojoj je materija izgrađena od atoma za koje vrijede zakoni mehanike, odnosno kvantne mehanike. Razlika s obzirom na termodinamiku je u tome što se ne uvode dodatni principi, već se polazi od zakona mehanike, odnosno kvantne mehanike. Da li će se koristiti klasična ili kvantna mehanika ovisi o fenomenu koji se promatra i uvjetima pri kojima se on odvija. Npr. vibracije molekula pri sobnoj temperaturi ne mogu se promatrati preko klasičnih jednadžbi. Ono što je dodatno s obzirom na ostatak fizike, to je da se koristi statistika koja se pojavljuje već i u samom nazivu. Zakoni klasične fizike su deterministički, što znači da je za dane početne uvjete ponašanje sustava jednoznačno određeno. Međutim za sustav koji sadrži broj čestica koji je reda veličine Avogadrovog broja ($\sim 6\text{x}10^{23}$) početne uvjete je nemoguće definirati, no u tom slučaju znamo da su najvjerojatnija ona makroskopska stanja koja se mogu realizirati na najveći mogući broj načina, tj. koja odgovaraju najvećem broju mikroskopskih stanja. Relacija koja to izražava matematički dobila je ime po Ludwigu Boltzmannu (1844-1906.) i glasi:

$$S = k_B \ln W \tag{3}$$

gdje je k_B Boltzmannova konstanta ($k_B = 1{,}38\text{x}10^{-23}$ J/K), a W broj mikrostanja koja odgovaraju danom makrostanju.

To znači da nije potrebno da imamo detaljne informacije o sustavu, već je dovoljno da znamo statističku raspodjelu pojedinih veličina. Npr. za plin, tekućinu ili krutinu u ravnotežnom stanju brzine čestica zadovoljavaju Maxwellovu raspodjelu. U trima različitim fazama srednji slobodni put za pojedinu česticu je različit, ali raspodjela brzina i srednja brzina čestica su jednake. To znači da je raspodjela brzina čestica oko ravnotežnog položaja u kristalu jednaka kao i u plinu, samo je promjena brzine u vremenu, tj. njezina vremenska korelacijska funkcija, odnosno difuzijski koeficijent različit i iznosi nula za krutinu. Veličine kao što su tlak, temperatura ili entropija ne postoje za pojedine čestice, već imaju samo statistički smisao. Te veličine prelaze u termodinamičke veličine u termodinamičkom limesu, tj. kada broj čestica teži beskonačnosti.

Prema tome, ako želimo govoriti npr. o entropiji nekog stanja nema smisla promatrati ili uspoređivati pojedinačne realizacije promatranog sustava sa konačnim brojem čestica.

Obično se kaže da je entropija mjera neuređenosti sustava, što je točno, iako se tome često pridaje potpuno krivo značenje. Naime, pogrešno je tvrditi da je entropija neuredne sobe veća od one uređene sobe. Pojam entropije nije primjenjiv na taj slučaj. On je primjenjiv samo na globalni opis situacija koje se mogu realizirati na vrlo veliki broj načina, a ne pojedinačne realizacije, jer su one sve jednako vjerojatne. Stoga je tvrdnja da je entropija mjera nereda sustava nedovoljna precizna.

ZAKLJUČAK

Entropija se pojavljuje u okviru termodinamike i statističke fizike. Preko analize rada termičkih strojeva omogućava definiciju termodinamičke skale temperature. To je koncept koji nije u potpunosti svodiv na mehaničke deterministične pojmove, jer je u svojoj biti povezan sa stohastičnošću procesa koji uključuju veliki broj stupnjeva slobode sustava. Promjena entropije u termodinamici dana je Clausiusovom relacijom, koja je povezuje s reverzibilnom izmjenom topline s okolinom. Svi ireverzibilni procesi povećavaju entropiju sustava. Termodinamički su zabranjeni procesi koji bi smanjili ukupnu entropiju svemira. U statističkoj mehanici entropija je povezana sa stupnjem nereda u sustavu. Ona je statistička veličina i pri nekoj fluktuaciji ona se može i smanjiti, iako je to vrlo malo vjerojatno za sustave s velikim brojem čestica.

LITERATURA

1. H. Callen: Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics 2nd Edition, *John Wiley & Sons*, New York, 1985.
2. H. Reiss: Methods of Thermodynamics, *Dover Publications, Inc*, New York, 1965.
3. P. M. Herman: Energy, Force, and Matter, *Cambridge University Press*, 1982.

Закони геометријске оптике на основу Хајгенс - Фреснел принципа

Ненад Стевановић, Владимир М. Марковић

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, Крагујевац, Србија

Апстракт. Закони геометријске оптике се изучавају на часовима физике у основној и средњој школи. Таласни феномени (интерференција и дифракција) су део градива у средњим школама. Простирање светлости као таласа се описује Хајгенсовим принципом, док је математички опис дао Фреснел (Хајгенс-Френелов принцип- ХФП). На основу тог принципа могу се описати таласни феномени светлости. Циљ овог рада је да се на основу ХФП покаже којим условом важе закони геометријске оптике.

Кључне речи: оптика, талас, дифракција, интерференција.

ПРИРОДА СВЕТЛОСТИ

Оптика, или наука о светлости, је област физике у којој се проучавају особине светлости и њена интеракција са материјалном средином. Настала је првобитно као покушај да се одговори на питање зашто је човек у стању да види предмете који гаs окружују. Као основно својство светлости, још у старој Грчкој су истицали њено праволинијско простирање у хомогеној средини. Следеће битно својство светлости је способност светлостних зрака да при пресецању не ометају један другог [1,2].

Иако се развитак оптике, све до почетка 19. века, базирао на представама о светлосним зрацима који се простиру праволинијски, још у 17. веку биле су познате чињенице које су указивале на то да постоје одступања од праволинијског простирања светлости (на пример дифракција). Простирање светлости по линији наводило је на мисао да светлост представља флукс (проток) честица које излећу из извора и крећу се у хомогеној средини праволинијски и равномерно. Корпускуларну теорију светлости поставио је Исак Њутн, представљајући светлост као проток врло брзих честица, чије кретање подлеже законима класичне физике [1,2].

Упоредно са корпускуларном теоријом развијала се и таласна теорија светлости, по којој светлост представља таласни процес. Ту теорију поставио је холандски научник Кристијан Хајгенс (Christian Huygens) 1677. године. Он је сматрао да светлост представља простирање таласа у етру. Хајгенсовим принципом може се објаснити закон простирања светлости. Могуће објашњење појава дифракције и интерференције светлости поставили су тек Томас Јанг (Thomas Young) и Августин Френел (Augustin Fresnel) почетком 19. века.

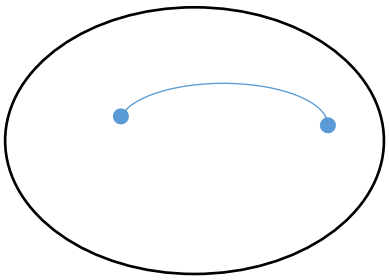
Све до прве половине 19. века светлосне осцилације представљане су у виду механичких еластичних осцилација континуалне средине - етра. Кларк Максвел (Clark Maxwell), доказао је 1865. године да светлост поседује електромагнетне особине. После открића електромагнетних таласа постало је јасно да су светлосни таласи у ствари електромагнетни таласи. Хајнрих Херц (Heinrich Hertz), потврдио је Максвелову теорију, а Макс Планк (Max Planck) увео је 1900. године појам кванта енергије по којој светлосни

извори емитују кванте- фотоне. Комптоновим ефектом, 1921. године, потврђена је фотонска природа светлости. Електромагнетна теорија светлости, која је имала велику улогу у развитку физике 19. и почетка 20. века, указала је на јединство светлосних и електромагнетних појава. Луј де Брољ (Louis de Broglie) је 1924. године извршио синтезу Максвелове електромагнетне теорије светлости и Планкове теорије кванта.

Данас важи мишљење да је природа светлости дуалистичка. Појаве везане за простирање светлости обајашњавају се електромагнетном теоријом, а интеракција светлости са материјом представља корпускуларну појаву [1-3].

ФЕРМАТОВ ПРИНЦИП

Начин простирања светлосног зрака кроз средину описује Фермат-ов принцип (Pierre de Fermat) [2,3]. Замислимо једну средину која се карактерише релативном диелектричном константом ε_r и релативном магнетном пермеабилношћу μ_r, односно, индексом преламања, $n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$.



СЛИКА 1. Оптичка дужина пута.

Ако је индекс преламања средине *n*, тада је брзина светлости кроз ту средину једнака $c=c_0/n$. Означимо један сегмент путање светлости *dl*. Време које је потребно да светлост пређе то растојање једнако $dt=dl/c$, односно

$$dt = \frac{1}{c_0} \cdot n \cdot dl \tag{1}$$

Време које је потребно да светлост пређе растојање од тачке 1 до тачке 2 износи

$$\tau = \frac{1}{c_0} \int_1^2 n \cdot dl \tag{2}$$

Из израза (2) се види да интеграл представља карактеристику средине и да је димензија тог интеграла пређени пут (дужина). Отуда се може увести величина

$$L = \int_1^2 n \cdot dl \tag{3}$$

која представља **оптичку дужину пута**.

Према Ферматовом принципу, светлост се простире тако да време простирања светлости буде минимално $\tau = \tau_{min}$. Дакле, мора да важи да је

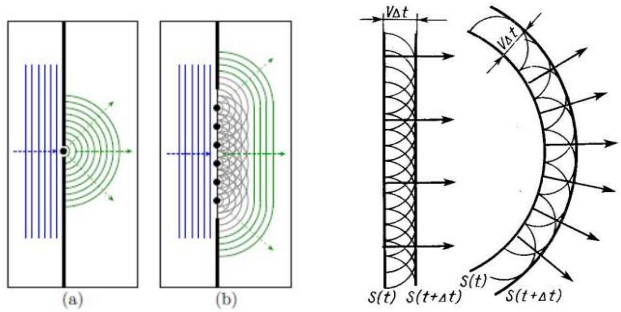
$$\frac{dL}{dx} = 0 \text{ и } \frac{d^2L}{dx^2} > 0 \tag{4}$$

Геометријска опитка заснива се на следећа четири закона:

- Закон праволинијског простирања светлости
- Закон међусобне независности простирања светлосних зрака
- Закон одбијања светлости
- Закон преламања светлости.

ХАЈГЕНС - ФРЕНЕЛОВ ПРИНЦИП

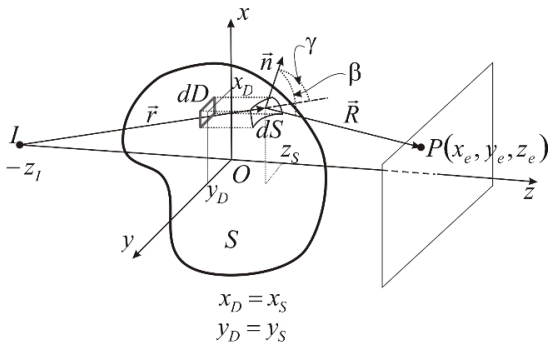
Појава дифракције се објашњава помоћу Хајгенсовог принципа у чијој основи су два постулата. У првом постулату Хајгенс дефинише средину кроз коју се простире светлост, називајући је етер. Други постулат је кључан и дефинише начин преношења поремећаја. Према овом постулату, може се одредити положај таласног фронта у тренутку $t + \Delta t$ ако је познат облик таласног фронта у тренутку t и брзина таласа v. Тражени положај фронта $S(t + \Delta t)$ у тренутку $t + \Delta t$ поклапа се са обвојницом секундарних таласа и графички је приказан на слици 2 [3].



СЛИКА 2. Простирање таласног фронта кроз прорезе

Хајгенсов принцип упућује на геометријски рецепт за цртање таласних фронтова и решава само задатак о правцу простирања таласног фронта, али не води рачуна о амплитуди што значи ни о интензитету таласа. Зато он има ограничену примену при објашњавању законитости простирања светлости.

Френел 1815. год. први развија приближни метод за израчунавање амплитуде и фазе таласа на обвојници [4-8]. Светлост таласне дужине λ емитује се са тачкастог извора I, допире до површи S и на екрану E се посматра дифракциона слика. Извор је позициониран на z-оси, на растојању z_I од површи S и има координате $(0,0,-z_I)$. Екран је раван нормална на z-осу и на растојању z_e од xOy равни. Сегмент површи dS има координате (x_s,y_s,z_s).



СЛИКА 3 Геометрија дифракције светлости

У односу на извор, *I*, сегмент површи *dS* је дефинисан вектором $\vec{r}$. Тачка *P* на екрану, до које допире светлост, има координате $P(x_e,y_e,z_e)$ и дефинисана је вектором $\vec{R}$ у односу на сегмент *dS*.

Јачина електричног поља E_P светлости која допире до тачке *P* дефинисана је следећим изразом [4-8]:

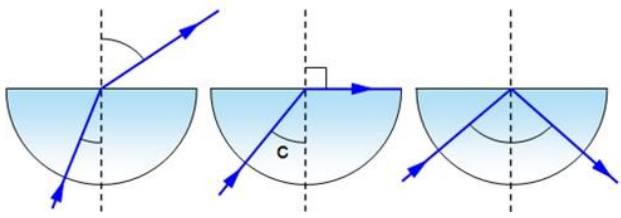
$$E_P = \iint_S -\frac{i}{\lambda}\frac{1}{rR}a(\beta,\gamma)E\,e^{i\left(\omega t-\vec{k}\vec{r}-\vec{k}\vec{R}\right)}ds \tag{5}$$

који се назива Френел-Кирхофов интеграл, где је $a(\beta,\gamma)$ инклинациони фактор, λ је таласна дужина светлости у вакууму, ω је кружа учестаност, а *к* је талсни број. Интензитет светлости у тачки P се може одредити као [7,8]

$$I = \left|E_p\right|^2 \tag{6}$$

ЗА РАЗМИШЉАЊЕ

Ако посматрамо сноп светлости који емитује ласерски извор и уперимо према граничној површи, долази до рефлексије и преламања светлосног снопа. Правци простирања одбијеног и преломљеног дела ласерске светлости се могу описати законима геометријске оптике. Угао који заклапа одбијени зрак са нормалом, једнак је углу који упадни зрак заклапа са нормалом. Преломљени зрак се простире ка нормали (од нормале) ако упада у оптички гушћу (ређу) средину.



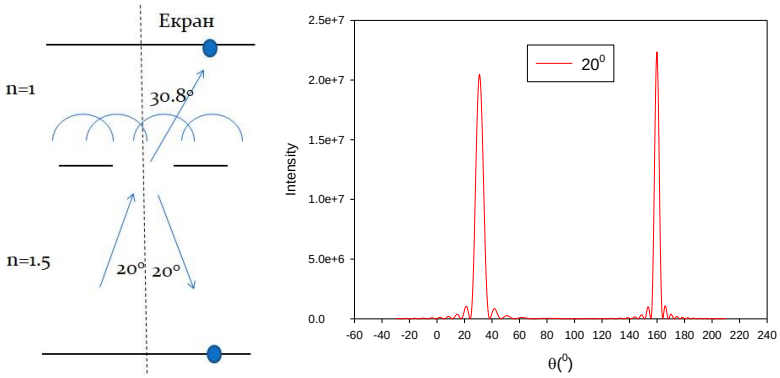
СЛИКА 4. Преламање и тотална рефлексија

Поставља се следеће питање: Ако је светлост талас, који се простире, према Хајгенсовом принципу тако што свака тачка погођена светлосним таласом постаје извор

таласа, зашто имамо привилеговане правце простирања светлости? Где нестају таласи који се стварају према Хајгенсовом принципу?

Да бисмо одговорили на то питање написали смо програмски код који симулира простирање светлосног таласа кроз прорез на граничној површи између две хомогене средине на основу ХФП. Резултат програма је расподела интензитета светлости на екрану. Разматрани су многи случајеви, један од њих је приказан на следећој слици.

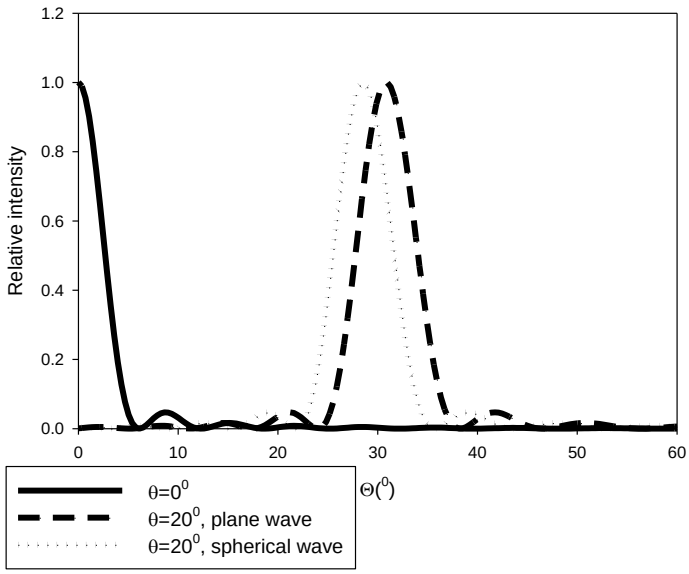
На слици 5 приказан је правац упадног раванског светлосног фронта, под углом 20^0 у односу на нормалу на прорез, граничну површ, која раздваја средине индекса преламања n=1,5 и n=1. На графику је приказана угаона расподела интензитета светлости и показује се да максималан интензитет јавља под углом од 30.8^0 и 160^0, што одговара преломном и одбијеном углу према законима преламања и одбијања. Закони геометријске оптике важе за равански светлосни талас.



СЛИКА 5. Одбијање и преламање светлости

Овај резултат је само један од многих резулата који произилазе из програмског кода. На основу разматраних резултата одговор на горе постављена питања је следећи: Од сваке тачке, погођена таласом, емитују се таласи према ХФП, који међусобно интерферирају. У свим правцима настаје деструктивна интерференција и таласи се међусобно поништавају, осим у правцу који се може одредити и на основу закона геометријске оптике. У том делу простора долази до конструктивне интерференције, што се на графику види као појачан интензитет светлости. Са графика, на слици 5, се такође може видети да сноп светлости (која може бити ласерска светлост) није паралелан сноп зрака, већ је интензитет нехомогено распоређен унутар снопа. Сноп светлости је последица дифракције таласа који се емитује са извора.

На слици 6 приказан је график расподеле интензитета светлости око граничне површи, на коју пада равански, односно сферни светлосни талас, који под углом θ упада у односу на нормалу на граничну површ. Са графика се може видети да у случају да на граничну површ упада равански светлостни талас, максималан интензитет светлости (конструктивна интерференција), након граничне површи,настаје у правцу, под углом, који се може прорачунати на основу закона преламања. У случају да на површ пада сверни светлосни тлас, тада се након граничне површи формира максималан интензитет светлости чији правац (угао) одступа од угла који се добија на основу закона преламања. Ово исто важи и за закон одбијања (резултат није приказан на графику). Из приложеног се може закључити да закони геометријске оптике важе само за раванске светлосне таласе.



СЛИКА 6. Преламање сферног и раванског светлосног таласа

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је подржан од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, кроз пројекат 171021.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. С. Ландсберг, Оптика. Научна књига, Београд, 1967.
2. Д. М. Ивановић и В. М. Вучић, Физика II – електромагнетика и оптика- Нучна књига, Београд ,1980.
3. D. M. Nikolić. Eksperimenti sa difrakcijom svetlosti i njihov značaj za nastavu fizike.Doktorska disertacija, Prirodno–matematički fakultet, Niš, 2013.
4. K. G. Makris, D. Psaltis. Huygens–Fresnel diffraction and evanescent waves. Optics Communications **284**, 1686, 2011.
5. Y. Cui, W. Zhang, J. Wang, M. Zhang, S Teng. Fresnel diffraction of aperture with rough edge. Journal of Optics **17**, 065607, 2015.
6. K. M Abedin, S.M. M Rahman, The iterative Fresnel integrals method for Fresnel diffraction from tilted rectangular apertures: Theory and simulations. Optics & Laser Technology 44, 939, 2012.
7. N. Stevanovic, V.M. Markovic, D. Nikezic New method for determination of diffraction light pattern od arbitrary surfaces. Optics & Laser Technology, 90, 90, 2017.
8. N. Stevanovic, V.M. Markovic. Diffraction pattern by rotated conical tracks in solid state nuclear track detectors Optics & Laser Technology 80, 204, 2016**.**

Увод у физику фазних прелаза

Маја Стојановић[1], Соња Скубан[1], Мирослав Цветинов[2], Федор Скубан[1]

[1]Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет,
Департман за физику, Нови Сад, Србија
[2]Универзитет у Новом Саду, Академија уметности, Нови Сад, Србија

Апстракт. У раду је дат приказ универзитетског уџбеника под називом „Увод у физику фазних прелаза“. Аутори су М. Стојановић, С. Скубан, М. Цветинов и Ф. Скубан, а издавач уџбеника је Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за физику.

Кључне речи: структура материје, фазни прелази, течни кристали, фероелектрични течни кристали.

УВОД

Писање овог уџбеника условила је потреба да се направи текст који је прилагођен потребама наставе на Департману за физику ПМФ-а у Новом Саду. Уџбеник је намењен првенствено студентима основних академских студија Департмана за физику који слушају *Термодинамику* као обавезан предмет на првој години студија и *Физику течних кристала са применама* (на трећој години студија) и *Молекулску физику* (на другој години студија) као изборне предмете. Ова два изборна предмета, према искуству из предтходних година, традиционално бира велики број студената. Уџбеник је такође намењен студентима докторских студија на Департману за физику који слушају предмет *Фероелектрични течни кристали*. Овај материјал, иако намењен студентима физике, може бити од користи и осталим студентима којима је блиска ова материја.

Ово је пре свега универзитетски уџбеник, али га можемо препоручити као додатни наставни материјал који се користи у настави физике у гимназијама где постоје одељења за ученике са посебним способностима за физику. Наиме, по наставном плану и програму предмета *Основе механике и термодинамике* у првом разреду гиманазије, изучавају се, у оквиру поглавља Молекулске силе и агрегатна стања и Фазни прелази.

КОНЦЕПТ УЏБЕНИКА

Материја је систематизована у четири већа поглавља или тематске целине које су даље подељене на око још 30-так поднаслова ради што веће прегледности, при чему је вођено рачуна о поступном усвајању појмова и изградњи знања. Градиво је изложено идући од основних (општих) појмова ка више специфичним и уводећи студенте поступно у физику фазних прелаза у кондензованим системима, тј. идући методички од једноставније ка сложенијој материји. Уџбеник обилује мноштвом илустрација и графичких приказа који поткрепљују теорију.

Прва два поглавља уводе студенте у структуру материје и дају основна знања о карактеристикама и специфичностима фазних прелаза првог и другог реда са

многобројним примерима. Треће и четврто поглавље даје детаљан приказ фазних прелаза код течних кристала и специфичних интересантних материјала као што су фероелектрични течни кристали. Управо, ово четврто поглавље је првенствено намењено студентима докторских студија. Додатни квалитет овог поглавља је чињеница да су коришћене и референце које су резултат рада самих аутора.

Фазни прелази

У уводном поглављу говори се о структури материје и њеној повезаности са својствима исте (електричним, магнетним, оптичким …) и агрегатним стањима материје, где се поред основне поделе агрегатних стања уводи и појам меке материје. У другом поглављу су дефинисани појмови фазе и фазног прелаза. Уводи се основна подела на фазне прелазе I и II реда и објашњени су специфични појмови везани за фазне прелазе. Како је једна од основних карактеристика фазних прелаза I реда да се остварују уз примање или отпуштање топлоте, која се назива латентна, обрађен је и тај појам уз многобројне примере и илустрације. Појам фазних дијаграма, тројне тачке и промене ентропије при фазним прелазима су такође били тема овог поглавља.

Посебан осврт дат је на фазне прелазе II реда, њихове основне карактеристике и поделу. У оквиру овог поглавља обрађени су напред наведени фазни прелази.

Структурни фазни прелази

Струкутрни фазни прелази својствени су кристалима и везани за промену њихове симетрије. Дешавају се између две кристалне модификације исте супстанције, а прелаз се састоји у промени просторне решетке, у промени уређености атома или промени уређености оријентације магнетних момената атома и других особина тела, а често су везани и са појавом фероелектричности.

Магнетни фазни прелази

У овом поглављу дата је класификација материјала према њиховом понашању у магнетном пољу. Описани су следећи фазни прелази другог реда: феромагнетик-парамагнетик, антиферомагнетик-парамагнетик, феримагнетик-парамагнетик који се дешавају на темпаратури фазног прелаза која се назива Киријева темпаратура.

Прелаз у стање суперфлуидности

Обрађене су особине течног хелијума, као и поступци добијања течног хелијума. Акценат је дат на фазни прелаз другог реда који се дешава када HeI прелази у HeII на тзв. температури “ламбда” тачке и појаву суперфлуидности. Објашњен је механизам провођења топлоте у HeII, као и вискозност код суперфлуида. Приказан је и веома интересантан тзв. ’’фонтана ефекат’’, као и примена течног хелијума у медицини и научним истраживањима.

Прелаз у стање суперпроводљивости

Објашњен је појам суперпроводљивости, као и фазни прелаз низа метала који се дешава на критичној температури, а манифестује се скоковитим нестанком електричног отпора. Уведена је подела на суперпроводнике I и II врсте, као и феномен Мајснеровог ефекта.

Фазни прелази код течних кристала

Течни кристали представљају специфично, мезоморфно стање материје, које се по својим особинама може сврстати између анизотропних кристалних супстанција и изотропних течности. Обрађене су следеће течно-кристалне фазе: изотропна фаза, плава фаза, нематска фаза, холестеричка фаза, меке смектичке фазе, хирална смектичка фаза, тврде смектичке фазе и кристално-смектичке фазе. Детаљно је описан и увод у многобројне теорије мезофазних прелаза.

Фазни прелази код фероелектричних кристала

Ово поглавље захтева познавање комплекснијег математичког апарата што је и сасвим разумљиво јер је првенствено намењено студентима докторских студија на предмету *Фероелектрични течни кристали.* У оквиру ове тематске целине, детаљно су разрађени структура и особине течних кристала са диполним уређењем у оквиру којих су описане: фероелектрична смектичка фаза, антифероелектрична смектичка фаза, фериелектрична смектичка фаза и течни кристали облика банане. Такође је дат и теоријски преглед диелектричних модова.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутори изражавају велику захвалност рецензентима: др Андријани Жекић са Физичког факултета у Београду, др Жељки Цвејић са Природно-математичког факултета у Новом Саду и др Душану Илићу са Факултета техничких наука у Новом Саду, на конструктивним примедбама и сугестијама које су допринеле побољшању квалитета овог уџбеника.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Стојановић, С. Скубан, М. Цветинов и Ф. Скубан, Увод у физику фаних прелаза, *Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за физику*, Нови Сад, 2017.

Self-assessment rubrics to help students develop scientific abilities and instructors to reduce their workload

Sergej Faletič[1], Gorazd Planinšič[1]

[1]*University of Ljubljana Faculty of mathematics and physics, Ljubljana, Slovenia*

Abstract. The course Project lab at the University of Ljubljana, Faculty of mathematics and physics, aims at developing scientific abilities of students in an environment, which simulates an authentic research setting (Planinšič, Eur. J. Phys., 2007). First and second year students in groups of four to five solve open-ended experimental problems and submit a report in the form of a web-page. Students use Scientific Abilities rubrics during their work, and instructors use the same rubrics to evaluate their reports, helping them to improve the reports until they meet agreed criteria. Most of the rubrics are translated Rutgers Scientific Abilities rubrics (Etkina et al. Phys. Rev. ST-PER, 2006), but rubrics for the evaluation of web-reports were developed by us. The use of rubrics significantly reduces the workload on the instructors and at the same time increases the quality of student reports. In the contribution, participants will have an opportunity to familiarize themselves with the rubrics and their use.

Keywords: assessment, physics, project based work, rubrics, self-assessment, teaching.

INTRODUCTION

Laboratory work is central to physics and should be, therefore, central to physics education as well. Otherwise students might get the wrong impression about what physics is [6,7]. Learning only via lectures could give the impression that physics involves finding someone who knows more than you and getting them to pass the knowledge to you. Even traditional laboratory work is usually aimed at 'proving' that what the theory says is true. When, in fact, physics is more about discovering new knowledge or applying old knowledge to solve new problems. These two central activities of physicists can be best introduced via project work. But, project work is at least in some part open ended and, therefore, a difficult activity to assess, because the outcome is not entirely predictable. In this context, rather then assessing the outcome, one might try to assess the process that led to the outcome. These are the actual skills that relate to the scientific method and the scientific competences. A way to assess the process is to use rubrics. In the following sections, we describe the course Project laboratory at the University of Ljubljana Faculty of Mathematics and Physics, Slovenia, where we use rubrics. Then we describe the rubrics and their use. In the end, we give a short report on the efficiency of the rubrics compared to other assessment tools that we have used in the past.

PROJECT LABORATORY

"Project laboratory" is a course at the University of Ljubljana Faculty of Mathematics and Physics offered to first and second year students [4]. The course is based on open-ended tasks that help students develop science competences that are also in line with educational recommendations in Europe and the USA [2,3]. Students work on open-ended experimental physics problems. They have three three-hour laboratory sessions over three weeks to solve the problem. After that, the students have another two weeks to prepare and submit a report in the form of a web page. This report is assessed by the teaching assistant and returned to the students to revise and improve. The iterations continue until the report is deemed acceptable.

THE SCIENTIFIC ABILITY RUBRICS

Rubrics are a common tool in the USA, and much research on their use and development can be found in e.g. [8,9,11]. The Scientific Abilities rubrics have been developed at Rutgers University, NJ, USA [1] and are freely available online [5]. The authors of [1] use the term scientific abilities instead of science-process skills to underscore that these are not automatic skills, but are instead processes that students need to use reflectively and critically. Each rubric is a table that represents a broad scientific ability.

RUBRIC B: Ability to design & conduct an observational experiment					
	Scientific Ability	Missing	Inadequate	Needs improvement	Adequate
B1	**Is able to identify the phenomenon to be investigated**	No phenomenon is mentioned.	The description of the phenomenon to be investigated is confusing, or it is not the phenomena of interest.	The description of the phenomenon is vague or incomplete.	The phenomenon to be investigated is clearly stated.
B2	**Is able to design a reliable experiment that investigates the phenomenon**	The experiment does not investigate the phenomenon.	The experiment may not yield any interesting patterns.	Some important aspects of the phenomenon will not be observable.	The experiment might yield interesting patterns relevant to the investigation of the phenomenon.
B3	**Is able to decide what physical quantities are to be measured and identify independent and dependent variables**	The physical quantities are irrelevant.	Only some of physical quantities are relevant.	The physical quantities are relevant. However, independent and dependent variables are not identified.	The physical quantities are relevant and independent and dependent variables are identified.
B4	**Is able to describe how to use available equipment to make measurements**	At least one of the chosen measurements cannot be made with the available equipment.	All chosen measurements can be made, but no details are given about how it is done.	All chosen measurements can be made, but the details of how it is done are vague or incomplete.	All chosen measurements can be made and all details of how it is done are clearly provided.
B5	**Is able to describe what is observed without trying to explain, both in words and by means of a picture of the experimental setup.**	No description is mentioned.	A description is incomplete. No labeled sketch is present. Or, observations are adjusted to fit expectations.	A description is complete, but mixed up with explanations or pattern. The sketch is present but is difficult to understand.	Clearly describes what happens in the experiments both verbally and with a sketch. Provides other representations when necessary (tables and graphs).
B6	**Is able to identify the shortcomings in an experimental and suggest improvements**	No attempt is made to identify any shortcomings of the experimental.	The shortcomings are described vaguely and no suggestions for improvements are made.	Not all aspects of the design are considered in terms of shortcomings or improvements.	All major shortcomings of the experiment are identified and reasonable suggestions for improvement are made.
B7	**Is able to identify a pattern in the data**	No attempt is made to search for a pattern	The pattern described is irrelevant or inconsistent with the data	The pattern has minor errors or omissions. Terms proportional are used without clarity- is the proportionality linear, quadratic, etc.	The patterns represents the relevant trend in the data. When possible, the trend is described in words.
B8	**Is able to represent a pattern mathematically (if applicable)**	No attempt is made to represent a pattern mathematically	The mathematical expression does not represent the trend.	No analysis of how well the expression agrees with the data is included, or some features of the pattern are missing.	The expression represents the trend completely and an analysis of how well it agrees with the data is included.
B9	**Is able to devise an explanation for an observed pattern**	No attempt is made to explain the observed pattern.	An explanation is vague, not testable, or contradicts the pattern.	An explanation contradicts previous knowledge or the reasoning is flawed.	A reasonable explanation is made. It is testable and it explains the observed pattern.

FIGURE 1. A sample of a rubric. This rubric is for an observation experiment. Taken from [5].

The rubric in Figure 1 assesses the ability to design and carry out an observational experiment. The rows represent sub-abilities. In the first column of each row there is the description of the sub-ability. The other columns describe the level to which a sub-ability has been developed. In the cells of the table, there are short descriptions of the activities that represent evidence that the sub-ability has been developed at a particular level. The most

important is the last column, which represents the evidence that the ability has been adequately developed. The descriptions in the cells of this column are used as guidelines to describe what is expected of the students.

The descriptions in the other cells are examples of evidence that the sub-ability has not been adequately developed yet. It is impossible to list all the possibilities. In our experience, it is best to list the ones that are encountered most often. These cells should give the students an idea about what could be inadequate, but the students will sometimes need to spot the exact problem themselves.

The Rutgers rubrics use a four level scale to generically describe the level of development of a sub-ability. The first level represents the sub-ability not being present. The students do not know that they are supposed to do what is described in the first column. This is scored 0. The second column represents the level 'inadequate'. Students know that they have to do something related to the sub-ability, but not exactly what. This is scored 1. The third level represents the level 'needs improvement'. Students know what to do, but not exactly how to do it properly. This is scored 2. The last level is 'adequate'. Students know what to do and how to do it. This is scored 3. In the cells in the columns of 1 and 2 points, there are examples of the most common shortcomings that can result in a particular score. Again, it is impossible to list all the possible shortcomings, but what is listed should give the students an idea of what is expected for a particular score.

The rubrics' main purpose is to be a self-assessment tool. Students are, therefore, presented with the rubrics at the beginning of their project, and are encouraged to consult them often during the project. This use of rubrics is very important, since it gives the students guidance about how to proceed through the project, while still leaving the project open ended. This is very different form any guiding questions that might be used for the purpose of guiding the project. Most questions assume a certain path taken by the students and a certain intermediate outcome. The rubrics do not require any such assumptions.

A typical setting would involve students being given a task, where the wording of the task would describe the phenomenon with the minimum necessary details for the students to be able to reproduce it. The wording would usually end with "investigate how the … depends on the relevant parameters."

The students would then consult the rubrics. The last column of the rubric in Figure 1, as an example, guides the students to describe the phenomenon, design an apparatus that will enable them to make measurements, determine the independent and dependent variables, be able to describe how to perform the experiment, identify the shortcomings of the set-up and suggest improvements. It further guides them to pay attention to any observed patterns, and attempt to describe them mathematically. In the end, it guides them to suggest an explanation for the phenomenon.

Besides the rubric in Figure 1, there is a rubric, which focuses on the ability to properly analyse data, and another rubric, which focuses on the ability to present the findings. There are also two more rubrics for two more types of experiments. In the context of the Rutgers rubrics, experiments are divided into three types. Observation experiments are used primarily to observe patterns, identify new phenomena, and search for explanations (the rubric in Figure 1). Testing experiments are used to test hypotheses. The best testing experiments are such that different hypotheses predict different outcomes of the same experiment. Based on the outcomes one can then differentiate between the hypotheses. Application experiments are experiments where previous knowledge is applied to solve a problem. For the needs of Project laboratory, we have also developed two more rubrics: a rubric for the ability to write a web report and a rubric for the reflection on the acquired knowledge and skills.

OUR EXPERIENCE WITH THE RUBRICS

In this section, we describe our experience with using the rubrics. We observed three separate changes after their introduction: The workload on the evaluators decreased, the quality of the reports increased, and our experience enabled us to construct and efficiently use our own rubrics for different contexts. Here we discuss the first two and give some notes on what we learned about the development and use of rubrics.

The evaluation efficiency

The introduction of the rubrics reduced the average time of evaluating the report at least by a factor of three. First, the number of words used in a feedback was reduced by a factor of six. Before the rubrics, every shortcoming had to be described and explained, also what is adequate had to be explained in the feedback. With the use of rubrics, only the score on the sub-abilities are given. Students must figure out for themselves what they need to improve. They can ask the evaluator, but before the question, they must explain what they have thought of themselves. Since the reports are returned to students until all the sub-abilities are scored adequate, this usually involves at least three iterations. With the introduction of the rubrics, the number of iterations slightly increased by a factor of 1.7. The total decrease of the workload is then by a factor of three at least.

In terms of the actual time spent on a report we only have an estimate. The reports can be quite extensive, so it takes about 20 minutes to read through them, paying attention to all the figures and equations. This time cannot be reduced. After this, it takes about ten minutes to give the grades on the sub-abilities and maybe another five minutes to write the feedback. So the total time spent on a report can be estimated at about 35 minutes. Previously, again based on our rough estimate, the time was closer to 90 minutes with all the detailed feedback that had to be written. So again, a reduction by a factor of approximately three can be seen. It should be noted that the reduction is smaller for a novice evaluator, before they become familiar with the use of rubrics.

The quality of the reports

The quality of the reports increased with the introduction of the rubrics. To asses this, we randomly selected a number of reports which have already been scored as sufficiently good in previous years by the same evaluator, and they have been evaluated again with the rubrics. Only one of the seven selected reports scored adequate on all sub-abilities. All the rest would have to be returned to the students to be improved, based on the scores on the rubrics.

Notes

We have learned a great deal about how to properly write and use rubrics. First, the Rutgers scientific abilities rubrics are a very good template to start from. They are validated and well-researched. We attempted to shorten the rubrics, but their effect was diminished, therefore we decided to use the original rubrics, translated, instead.

Second, we have learned that it is very important to list the 'adequate' column in great detail, since students use it as guidelines about what needs to be done and also as reference for what has possibly not been done properly, if the score is below adequate. This observation has been noted also in [8].

Third, we realized that it is easier to assess the reports, if the descriptions in all the other columns are not too specific. If they are very specific, one finds oneself checking carefully under which category a specific shortcoming is listed, so that it would not give the wrong feedback to the students. In contrast, a judgment of 'inadequate' or 'needs improvement' can be made much quicker. However, it is important to list the most common shortcomings that result in a particular competence level. This finding is also noted in [8].

Fourth, we learned that it is very advisable to have training in the use of rubrics for both the students and the evaluators. Someone already familiar with their use should score a report with a novice to show the proper way of scoring. The trend of scores by different evaluators matches well anyway. They generally agree about something not being adequate, but they sometimes disagreed on whether it is inadequate, or needs improvement. Experience from Rutgers University, and elsewhere [1,10,11] is clear that reliability - scores independent of evaluator - can only be achieved through the training of the evaluators.

CONCLUSION

We described a course at the University of Ljubljana Faculty of mathematics and physics, which is based on open-ended project problems for students. We described the use of rubrics to evaluate the students' reports. We showed that the use of rubrics reduced the workload on the evaluators while improving the quality of the reports. After the course, students are required to write a reflection on what they have learned. They are not specifically asked to write anything about the use of rubrics, but some reflected on this topic, too, and following are some quotes, translated from Slovenian:

"… The rubrics were also useful, because they contain all the important elements of experimental work such as assumptions and experimental uncertainties …"

"… When writing the report we had to consider all the experiments again and all the details that could affect the results, … I learned a lot while thinking about all the parameters, such as control variables and experimental uncertainties, and even more about considering them in general. In doing this the rubrics proved to be very useful …"

"… I think the basic idea of the course is very good, also the srubrics were very carefully designed and proved to be very helpful in our work…"

Based on these spontaneous comments, it appears that the rubrics were appreciated also by the students, because they provide very clear description of teacher expectations and also guidelines for how to meet these expectations, features noted also in [11] as features that contribute to the enhancement of learning.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to acknowledge the help of Eugenia Etkina from Rutgers University, NJ, USA, during the adaptation and translation of the rubrics, and Nejc Davidovič, who developed the rubric for reflection.

REFERENCES

1. Etkina E., Van Heuvelen A., White-Brahmia S., Brookes D. T., Gentile M., Murthy S., Rosengrant D. & Warren A., Scientific abilities and their assessment, *Physical Review Special Topics, Physics Education Research*, *2*, 020103-1 – 020103-15, (2006).
2. European Physical Society. (2009). A European specifications for physics bachelor studies. *http://c.ymcdn.com/sites/www.eps.org/resource/resmgr/policy/eps_specification_bphys.pdf* (21 may 2016).
3. NGSS Lead States, *Next Generation Science Standards: For States, By States*, National Academies Press, Washington, DC, 2013.
4. Planinšič G., Project laboratory for first-year students, *European Journal of Physics*, *28*, S71 – S82, (2007).
5. Rutgers Physics and Astronomy Education Research group. Scientific abilities. *https://sites.google.com/site/scientificabilities/* (22 may 2016).
6. May D. B., Etkina E., College physics students' epistemological self-reflection and its relationship to conceptual learning, *American Journal of Physics*, *70*, 1249 – 1258, (2002).
7. Lising L., Elby A., The impact of epistemology on learning: A case study from introductory physics, *American Journal of Physics*, *73*, 372 – 382, (2005).
8. Mertler C. A., Designing Scoring Rubrics for Your Classroom, *Practical Assessment, Research & Evaluation*, *7*, 1 – 8, (2001).
9. Moskal B. M. & Leydens J. A., Scoring Rubric Development: Validity and Reliability, *Practical Assessment, Research & Evaluation*, *7*, 1 – 6, (2000).
10. Lovorn M. G., Rezaei A. R., Assessing the Assessment: Rubrics Training for Pre-service and New In-service Teachers, *Practical Assessment, Research & Evaluation*, *16*, 1 – 18, (2011).
11. Jonsson A., Svingby G., The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences, *Educational Research Review*, *2*, 130 – 144, (2007).

Могућности примене Scientix портала у настави физике у средњој школи

Шљивовић Младен[1], Иван Стојановић[2]

[1]Гимназија у Зајечару, Зајечар, Србија
[2]Средња школа „Свети Сава", Кладово, Србија

Апстракт. Коришћењем Scientix портала наставници физике у средњим школама добијају одлично помоћно наставно средство за припрему часова и активности на њима. Портал одликује вишејезичност и могућност превода појединих активности на српски језик по захтеву корисника. Бројни примери часова физике, али и корелације са другим предметима, редовна обавештења о најновијим пројектима, као и календар дешавања, такмичења, стручних конференција и других дешавања чине портал значајним алатом у настави. Поред овог Scientix редовно организује вебинаре, и стручне курсеве са циљем унапређења наставе како физике тако и других научних области. У раду ће најпре у уводу бити објашњен Scientix као европска заједница наставника и истраживача, а потом и представљене најважније фукције сајта. Посебан осврт биће дат примерима из наставе физике намењене средњошколцима.

Кључне речи SCIENTIX, настава физике, активности на часу, портал, STEM

УВОД

Scientix је пројекат намењен промоцији сарадње између наставника STEM предмета (наука, технологија, инжењерство и математика), истраживача у образовању, креатора образовних политика и других STEM професионалаца [1] Сам портал који Scinetix води може се наћи на адреси http://www.scientix.eu. Пројекат је тренутно у трећој фази која укључује проширења на националне нивое. Иницијатива за овај пројекат покренута је при Европској комисији, а пројектом координише European Schoolnet, организација са седиштем у Бриселу, коју чини конзорцијум од тридесет министарстава образовања. Тачка контакта за Србију је Центар за промоцију науке, који ће заједно са још 17 наставника, амбасадора пројекта, организовати предавања, радионице и друге активности [2]

Христова [3] закључује да је Scientix, заједно са неколико других иновативних пројекта (GoLab, InGenius…), представља интересантан и атрактиван начин учења који би могао да да бољи квалитет настави научних предмета. Велек и Рубио [4] указују на значај мултијезичности Scientix портала у циљу савладавања језичких баријера. Група аутора [5] истиче и важност одлуке Европске комисије да подржи неколико образовних пројеката (међу којима и Scientix) и тиме омогући боље оспособљавање грађанства као и усаглашавање научних истраживања.

У остатку овог рада најпре ће бити објашњен изглед сајта, потом најважније фунције са примерима везаним за наставу физике у средњој школи, уз напомену да се овај портал може користити и за друге наставне предмете.

ПОРТАЛ SCIENTIX И ЊЕГОВЕ ОСНОВНЕ ФУНКЦИЈЕ

У наредним деловима овог рада описаћемо најосновније фунције овог портала које могу бити од користи наставницима физике у средњој школи. Одлучили смо се да од свих могућности које портал пружа у овом раду прикажемо четири: ресурсе, вести, календар дешавања и вебинаре, док ће остале бити остављене наставницима да их сами истраже.

При уласку на сајт примећује се у горњем десном углу опција која омогућава избор језика (слика 1). Мултијезичност јесте једна од одлика Scientix портала тако да се избором може подесити језик на један од осам стандардних: дански, енглески, немачки, француски, италијански, пољски, румунски и шпански. Поред ових језика, могу се наћи ресурси и на још 16 језика, али се сва основна документа, догађаји и обавештења постављају искључиво на ових осам.

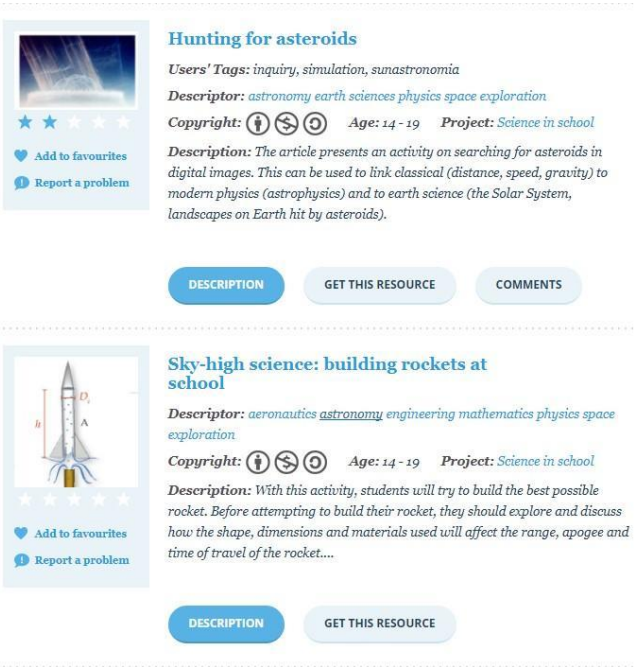
СЛИКА 1. Изглед менија за избор језика и навигацију на порталу

Ресурси доступни наставницима физике

Избором опције RESOURCES долазимо до странице на којој наставници широм Европе могу дати своје предлоге идеја и активности за часове, али и потражити идеје које би могли искористи у својој учионици. Од посебног значаја је да је претрагу (слика 2) могуће вршити по више фактора: наставни предмет, узраст ученика, тип активности и језик. Треба напоменути да је обезбеђен бесплатан превод на жељени језик за неке активности (уз дозволу аутора) уколико то затраже три или више наставника.

СЛИКА 2. Изглед менија за претрагу ресурса на сајту

Простим подешавањем менија и уносом у поља за претрагу на пример: наставни предмет-физика, узраст од 14 до 25+, налази се 438 понуђених ресурса међу којима су експерименти, предложене апликације за телефоне, материјали за наставнике и припрему часова… На слици 3 приказана су два понуђена ресурса добијена овом претрагом.

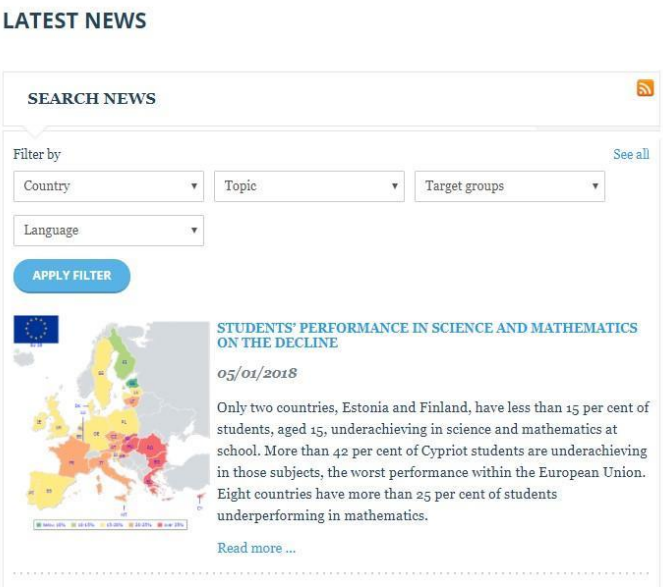


СЛИКА 3. Пример претраге по наставном предсмету и узрасту ученика

Избором прве активности Hunting for asteroids прелази се на страницу која даје више информација о самом ресурсу, укључујући језике на које је до сад преведен. Кликом на жељени језик отвара се веб страница на којој је описан процес „лова" на астероиде, дати линкови до бесплатног софтвера који се могу користити и описана метода којом ученици могу покренути сопствени „лов" на астероиде. Избором друге активности, и одабиром жељеног језика, долази се до странице на којој је детаљно описан процес прављења ракете, потом лет ракете повезан са лекцијом о косом хицу (обратити пажњу да се овде користе тригонометријске функције који се уче тек касније, па је потребно додатно модификовати лекцију како би се применила у оквиру часа физике у првој години).

Вести на порталу

Избором опције news прелазимо на страницу на којој се редовно ажурирају вести. И овде постоји могућност претраге по више параметара: држава, тип новости, циљна група и језик (слика 4).



СЛИКА 4. Изглед менија за претрагу вести

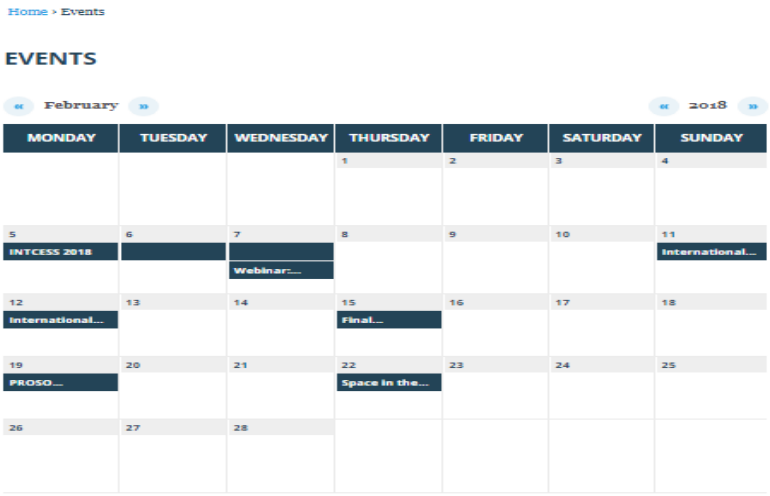
Вебинари

Од самог почетка Scientix организује и обуку путем вебинара, онлајн конференција које омогућавају директно праћење предавања или догађаја. Вебинари су отвореног типа и доступни свима заинтересованим за науку, учење и подучавање. Трајање вебинара је један сат, а да би се пратили, потребно је, претходно, извршити регистрацију на Scientix порталу. У току вебинара предвиђена је и могућност постављања питања предавачима, као и међусобне комуникације учесника вебинара.

Једном од аутора овог чланка, припала је част да одржи вебинар на тему учења кроз друштвене игре, где је представио свој пројекат друштвене игре Хембизика. [6] Сви вебинари се снимају и после завршетка вебинара, могу се прегледати на порталу, али сертификат о присуству могу добити само регистровани учесници. Још један од вебинара, који би посебно могао интересовати наставнике, је вебинар одржан 29.1.2018 са темом рада у виртуелним лабораторијама којима се бави пројекат NextLab [7]. Овај пројекат, који наставницима омогућава приступ различитим алатима за он-лајн учење и виртуалним лабораторијама, такође је финансиран од стране Horizon 2020 програма, као и Scientix.

Календар дешавања

Посетом сајту http://www.scientix.eu/events могу се наћи датуми одржаних догађаја као и најаве оних који ће се одржати.



СЛИКА 5. Изглед календара са уписаним догађаијма

Кликом на жељени догађај у календару отвара се страница са детаљним описом тог догађаја. Локацијом, организаторима, типом догађаја, циљном групом, темама и језиком на коме ће се догађај одвијати

Прегледом календара могу се уочити и неки важни догађаји везани за наставу физике у нашој земљи, као што су: VI Међународна конференција о настави физике у средњој школи, у организацији Алексиначке гимназије и Друштва физичара Ниш, затим Фестивал науке “Наук није баук 10” у Нишу, као и XXXVI Републички семинар о настави физике у организацији Друштва физичара Србије у Кладову.

ЗАКЉУЧАК

На основу наведеног може се закључити да је Scientix портал могуће применити у настави физике у средњој школи. Наставницима може послужити као одличан извор приликом припреме часова, али и као место на коме могу поделити своје искуство. Такође може бити коришћен и за стручно усавршавање наставника преко вебинара, али и за информисање о организованим догађајима широм Европе.

Највећи проблем, везан за неразумевање језика, за већину ресурса на порталу може бити решен коришћењем бесплатног превода по захтеву. Ипак није могуће превести све ресурсе тако да језичка баријера може одвратити поједине наставнике од коришћења портала Scientix. Званичан језик и за вебинаре је енглески па и то може спречити један део наставника да озбиљније прате Scientix портал.

Претрага календара даје могућност наставницима да прате нове конкурсе, али и позиве за стручне скупове, предавања… Такође могуће је дати предлоге за дешавања која би се уврстила у календар догађаја

На крају увек постоји могућност активнијег учешћа наставника дељењем сопствених искуства са часова у виду ресурса, или држањем вебинара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Scientix портал http://www.scientix.eu/about. приступљено 25.12.2017
2. Центар за промоцију науке – међународни пројекти http://eu.cpn.rs/active_projects/scientix/ приступљено 26.12.2017
3. Ts. Hristova, Innovative practices and technologies in educational projects of European Schoolnet and the project “Scientix”, *Bulgarian Chemical Communications*, 47, Special Issue B, 504–507 (2015)
4. P. Velek i V.J. Rubio Perez., Sharing Open Educational Resources in Multilanguage Repositories-the Learning Resource Exchange and Scientix." *Λογος 43,* (2013)
5. Alcaraz-Domínguez, Sílvia, et al, Els projectes Europeus Engaging Science, Xplore Health, RRI Tools i Scientix." *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària* 30, 47-54 (2015)
6. European schoolnet – Youtube kanal https://youtu.be/haJaeNINWDs приступљено 26.12.2017
7. European schoolnet – Youtube kanal https://www.youtube.com/watch?v=rA0LawN7D5M приступљено 20.2.2018

Информационе технологије у настави Физике

Калин Ангелов и Ивелина Коцева

СУ„Св. Климент Охридски”, Физически факултет, гр. София, бул. Джеймс Баучър 5

У првом делу рада разматрамо примене смартфона и таблета у настави Физике. У другом делу приказујемо и демонстрирамо примену микроконтролерске плоче типа „Arduino“ за моделовање физичких експеримената. Извршавамо реалне демонстрације из области механике, оптике и електричне струје у вези са првом и другом делу овог чланка. Доказујемо да су ови савремени конструктивистички приступи искључиво ефикасни за изазивање интересовања ученика за природне науке.

Кључне речи: информационе технологије, смартфон, таблет, настава Физике, Arduino, peer instruction

Istraživanjem do fizičkih zakona i zakonitosti

Ivica Aviani

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska

Apstrakt. U vremenu kada količina znanja višestruko premašuje kognitivne kapacitete pojedinca, a znanstveni sadržaji postaju lako dostupni putem Interneta, postaje jasno zašto klasična nastava, u kojoj se zahtijeva usvajanje činjeničnog znanja i rješavanje tipiziranih numeričkih primjera, više ne može pružiti svrhovito obrazovanje. Istraživanja u obrazovanju pokazuju da se učenje može znatno poboljšati ako se uz manje činjenica, nastava usmjeri na bolje konceptualno razumijevanje ključnih pojmova i zakonitosti. Uz to, važno je razvijati ona znanjas i vještine koje će učeniku omogućiti snalaženje u novoj i stvarnoj situaciji, u kojoj će nove činjenice sagledati kritički, a specifična znanja usvajati samostalno. Ovakav pristup evaluira i potiče i OECD-eov PISA test. Imajući sve to u vidu u prijedlogu hrvatskog kurikuluma za nastavni predmet Fizika uveden je generički ishod *Učenik istražuje fizičke pojave*, koji se primjenjuje na sve ostale ishode neovisno o njihovom sadržaju. Ishod podrazumijeva postupno razvijanje i usvajanje istraživačkih vještina kroz sve obrazovne cikluse. Uz predstavljanje i razmatranje mogućnosti ovog ishoda, na primjeru će biti objašnjeno kako se kroz istraživanje na satu fizike može usvojiti fizički zakon ili zakonitost temeljem neposrednog vlastitog iskustva. Ovakav oblik nastave potiče aktivnost cijelog razreda kroz koju učenici razvijaju prirodoznanstveni pristup i kritično mišljenje.

Ključne reči: istraživačka nastava, fizički zakon, fizička zakonitost, kurikulum.

Radionica: Termodinamika na satu fizike

Ivica Aviani[1], Nataša Erceg[2]

[1]*Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska*
[2]*Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska*

Apstrakt. Radionica ima za cilj uvođenje aktivnosti na satovima fizike kojima se nastoji poboljšati nastava te prevladati učeničke poteškoće u razumijevanju termodinamike. Razmatrat ćemo temeljne termodinamičke pojmove poput unutarnje energije, topline, temperature, entropije i zakona termodinamike te procese poput prijelaza topline, promjene agregacijskog stanja, Brownovog gibanja i difuzije. Pritom ćemo koristiti besplatne obrazovne programe (aplete) i jednostavne pokuse koje će sudionici sami izvoditi radom u grupama. Apleti omogućuju stvaranje fizičkog modela kroz vizualizaciju mikroskopske građe tvari i njezine dinamike te mogućnost istraživanja promjenom parametara poput temperature, tlaka, volumena, broja čestica, jačine međudjelovanja itd. Oni također omogućuju zornu demonstraciju principa natjecanja minimalne energije i maksimalne entropije, koji je ključan za razumijevanje termodinamičkih procesa. S druge strane, pokusi omogućuju proučavanje makroskopskih termodinamičkih pojava kroz neposredno iskustvo te njihovo tumačenje pomoću mikroskopskog modela. Pokazat ćemo kako osnovne koncepte iz termodinamike učenicima možemo približiti na njima zanimljiv način. Konačno, raspravit ćemo kako i u kojem kontekstu koristiti prikazana nastavna sredstva kako bi postigli još bolji rezultat.

Ključne reči: termodinamika, model, pokus, apleti.

Radionica: Rešite misteriju fizike (po uzoru Room Ecape)

Zvezdan Gagić[1], Maja Stojanović[2], Tijana Prodanović[2], Olivera Klisurić[2], Branka Radulović[2],

[1]Gimnazija"Isidora Sekulić", Novi Sad
[2]Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Departman za fiziku, Novi Sad

Apstrakt. „*Room Escape*" (eng. beg iz sobe) je popularan tip igre gde su učesnici fizički zatvoreni u nekom prostoru iz kog treba da pobegnu tako što će rešiti niz zagonetki u ograničenom vremenu. Ova igra se prvi put pojavila u Japanu 2007. godine ali se brzo proširila na ostatak sveta i stekla veliku popularnost. Iako su od tada nastale i brojne kompjuterske igre sa sovim konceptom, one po svojoj uzbudljivosti i interaktivnosti ne mogu da zamene živu „*room escape*" avanturu. Popularnost ovog koncepta, njegov vremenska ograničenost i interaktivnost ga čine idealnim za primenu u laboratorijskoj i aktivnoj nastavi fizike. Kao demonstraciju potencijala ovog koncepta pripremljena je mala „Lab Escape" simulacija. Rešite skrivene zagonetke i prepreke u ograničenom vremenskom roku kako biste izašli iz misteriozne zaključane laboratorije! U timovima od 2-6 osoba testirajte svoje veštine, timski rad, detektivski duh i naučite fiziku!

Ključne reči: zagonetke, „Room Escape", timski rad.

Ispitivanje konceptualnog razumijevanja molekularno-kinetičke teorije tekućina

Nataša Erceg[1], Ivica Aviani[2], Vanes Mešić[3], Marin Karuza[1,4]

[1]*Odjel za fiziku Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska*
[2]Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska
[3]Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
[4]*Centar za mikro i nano znanosti i tehnologije, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, Hrvatska, ZCI za napredne materijale i senzore, Rijeka, Hrvatska i INFN Sezione di Trieste, Trst, Italija*

S ciljem stjecanja uvida u konceptualno razumijevanje molekularno-kinetičke teorije tekućina, planiramo provesti istraživanje među studentima s različitih sveučilišta u Republici Hrvatskoj, što se logično nadovezuje na naše istraživanje studentskog razumijevanja molekularno-kinetičke teorije plina [1]. U tu svrhu, osmislili smo konceptualni test molekularno-kinetičke teorije tekućina, koji će biti predstavljen u okviru predavanja. Test se sastoji od 18 pitanja višestrukog izbora, kojima se ispituju koncepti građe tvari, unutarnje energije, entropije, temperature i tlaka. Navedeni koncepti ispituju se na primjerima različitih pojava iz svakodnevice: postojanja tvari u različitim agregatnim stanjima, isparavanja, vrenja, kondenzacije, kondukcije, konvekcije, difuzije i površinske napetosti. Uz svako pitanje ponuđena su četiri odgovora, pri čemu su distraktori sastavljeni na temelju pogrešnih odgovora dobivenih u intervjuima, u kojima smo studentima postavljali ista pitanja otvorenog tipa. Osmišljeni konceptualni test može se koristiti kao nastavni materijal i u okviru srednjoškolskog programa koji obuhvaća teme iz termodinamike. Konkretno, može poslužiti kao instrument za otkrivanje odgovarajućih učeničkih pretkoncepcija te za poticanje rasprave o alternativnim koncepcijama. Takva pitanja, koja potiču konceptualno razumijevanje, umjesto tradicionalnog učenja manipulacije jednadžbama, su od posebne važnosti jer potiču učinkovito učenje i poučavanje termodinamičkih sadržaja.

[1] N. Erceg, I. Aviani, V. Mešić, M. Glunčić, G. Žauhar, Development of the kinetic molecular theory of gases concept inventory: Preliminary results on university students' misconceptions, 2016, Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 12, 020139.

Ključne reči: konceptualni test, molekularno-kinetička teorija, tekućine.

Razvijanje strategija rješavanja problema u nastavi fizike (Uloga analize i evaluacije rezultata rješenih numeričkih primjera)

Tatjana Ivošević[1]

[1]*Agencija za odgoj i obrazovanje, Rijeka, Republika Hrvatska*

Apstrakt. Društvo je u cjelini izloženo eksponencijalnom rastu broja informacija koje su ponuđene putem elektroničkih medija. Stoga smo primorani, brzo prerađivati informacije, odbacivati suvišne i prihvaćati neophodne što postaje jedna od ključnih vještina snalaženja u suvremenom okruženju. Međutim, pored obilja činjenica, postoji i kontinuirani razvoj znanosti što znači da se od nastavnika fizike očekuje kontinuirani rad na osobnom i profesionalnom razvoju.

U ovom radu prikazani su najčešći modeli poučavanja srednjoškolske fizike, sa i bez uporabe IKT-a, kao i pripadni nedostatak analize i evaluacije rezultata rješenih numeričkih primjera. Rješavanje numeričkih primjera pomoću memoriranih fizičkih izraza bez većeg intelektualnog napora, učenicima postaje recept. Takva nastava je najčešće okarakterizirana kao dosadna i nezanimljiva. Međutim, najveći problem tako suženog pristupa poučavanju fizike je što ne doprinosi razvoju prirodoznanstvenog razmišljanja učenika.

Nastavnicima se preporuča da u nastavi fizike koriste realne i problemske situacije. Učenike treba odgajati tako da probleme ne shvaćaju kao prepreke, nego kao izazove, upravo zbog promjenjivog okruženja u kojem žive. Stoga, učenike treba neprestano poticati na razmišljanje i popravljanje eventualnih pogrešaka, a s ciljem ostvarivanja temeljne zadaće nastave fizike, a to je, razvoj strategija rješavanja problemskih situacija. Nastavnici će evaluirati predložene strategije na primjerima iz fizike atmosfere.

Ključne reči: prirodoznanstveno razmišljanje, strategije rješavanja problema, analiza, sinteza, evaluacija.

Literatura za nastavu fizike na početku XX veka u Sarajevu, Beogradu i Zagrebu

Vladan Mladenović[1], Jelena Radovanović[2]

[1]Aleksinačka gimnazija, Srbija
[2] OŠ Slobodan Sekulić, Užice; doktorske studije PMF-Novi Sad,

Apstrakt. U radu se daje uporedni prikaz tri udžbenika fizike izdata u Beogradu, Zagrebu i Sarajevu na samom početku XX veka kao i jednog metodičkog priručnika za nastavnike fizike: 1. Jelenko Mihajlović,“Eksperimentalna fizika za srednje škole“, (1907), Beogrcad. 2. Fus-Henzold (priredio S.Marković) „Fizika za školu“, (1908) Sarajevo. 3. Oton Kučera, „Počela fizike za srednje i njima slične škole“, (1912), Zagreb 4. Adam Pejić, „Fizika u školi-ručna knjiga za nastavnike“ (1906), Sarajevo. Analizirani su i upoređivani sadržaji i koncepti udžbenika kako međusobno tako i sa današnjim udžbenicima. Prikazani su programi nastave fizike u pojedinim vrstama škola. Detaljno su analizirani metodski pristupi i problemi nastave fizike u to doba. Pokazuje se da sadržaji pomenutih knjiga sem istorijskog značaja mogu poslužiti kao izvor ideja za nastavnike fizike i danas u našem regionu..

Ključne reči: do pet ključnih reči, odvojenih zarezima.

Ugledni čas: Njutnov zakon gravitacije

Tijana Prodanović

Departman za fiziku, Univerzitet u Novom Sad, Srbija

Primer realizacije časa obrade nastavne jedinice “Njutnov zakon gravitacije”, predviđenje programom astronomije za četvrti razred gimnazije. Čas počinje podsećanjem na Njutnove zakone kretanja. Da bi se učenicima ova tema učinila približnijom povezuje se sa nekim elementima filmskog serijala Ratovi zvezda. Razumevanje naučenih Njutnovih zakona se na času testira interesantnim pitanjima iz života astronauta. Zatim se prelazi na definisanje Njutnovog zakona gravitacije. Uvodi se razlika između pojmova težine i mase uz primere različite težine na razlčitim nebeskim telima. Zatim se kroz analizu slobodnog pada uvodi pojam gravitacionog ubrzanja i analizira kretanje objekata u orbiti. Definiše se i demonstrira beztežinsko stanje. Na kraju uvodi se i objašnjava pojam plimskog dejstva i daju primeri iz Sunčevog sistema kao i van njega.

Испитивање и евалуација хипотетичко-дедуктивног резоновања код ученика у Републици Србији

Бранка Радуловић, Маја Стојановић

Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за физику, Нови Сад, Република Србија

Апстракт. Циљ истраживање је испитивање степена развијености хипотетичко-дедуктивног резоновања код гимназијалаца у Републици Србији. Хипотетичко-дедуктивно резоновање представља једну од категорија научног резоновања која се може мерити Лосоновим тестом. Главна карактеристика овог резоновања је указивање на степен развијености апстрактног мишљења код адолесцената. Адолесценти који су развили овај начин резоновања умеју да „оперишу“ исказима, успостављају сложене односе међу њима и комбинују их на систематичан начин долезећи до сета свих могућих комбинација. Хипотетичко-дедуктивно резоновање је посебно изражено приликом извођења експеримената у настави физике. Стога је важно испитати колико ученика је достигло овај ниво резоновања, као и наћи начин како повећати ниво научног резоновања ученика. У истраживању је учествовало 654 гимназијалаца из Новог Сада и Бачке Паланке. Резултати истраживања су показали да је око 13% гимназијалаца тачно одговорило на сва питања везана за хипотетичко-дедуктивно резоновање. Добијени податак указује да код већине ученика није развијено хипотетичко-дедуктивно резоновање. У раду је представљен начин на који се може развити или подстаћи хипотетичко-дедуктивно резоновање.

Кључне речи: хипотетичко-дедуктивно резоновање, настава физике, ученици, експерименти.

Povezanost matematike i fizike sa aspekta rezonovanja zasnovanog na proporcijama i pogreškama u zaključivanju

Branka Radulović[1], Marina Dorocki[2]

[1]Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad, Republika Srbija
[2]Gimnazija „Isidora Sekulić“, Novi Sad, Republika Srbija…

Apstrakt. Brojni istraživači su u svojim istraživanjima isticali povezanost matematike i fizike, ali i učeničko ne povezivanje znanja stečenih u okviru ovih predmeta. U okviru ovog rada razmotriće se primeri povezanosti matematike i fizike zadati testom naučnog rezonovanja i inicijalnim testom kreiranim za ovo istraživanje. U istraživanju vezanom za ispitivanje inicijalnog znanja i stepena naučnog rezonovanja učestvovalo je 254 učenika prvog i drugog razreda gimnazija u Novom Sadu i Bačkoj Palanci. Rezultati istraživanja su pokazali da većina učenika nije tačno odgovorila na pitanja vezana za rezonovanje zasnovano na proporcijama. Dobijeni rezultat ukazuje na učeničko nerazumevanje pojma najmanjeg podeoka nekog istrumenta, odnosno vrednost instrumentalne greške, što predstavlja osnovu pravilnog očitavanja eksperimentalnih rezultata u nastavi fizike. Sa aspekta metodike fizike, važno je učenicima ukazati na greške koje su učnili prilikom zaključivanja, kako bi korigovali svoje tvrdnje i tačne informacije vezali za postojeće u dugotrajnoj memoriji

Ključne reči: povezanost fizike i matematike, rezonovanje zasnovano na proporcijama, pogreške u zaključivanju, učenici.

Physics Teaching in Secondary Schools with Interactive Simulation tools Algodoo, Step and Physion

Robert Repnik[1,2]

[1]*Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Maribor, Maribor, Slovenia*
[2]*Association for Technical Culture of Slovenia, Ljubljana, Slovenia*

We present three similar simulation software tools: Algodoo, Step and Physion; all converse three-dimensional phenomena into two-dimensional presentation, which is of great importance in teaching physics in particular in secondary schools. Such simulation software tools enable teacher and students to insert simple objects (squares, circles, springs…) into a simulation environment (virtual space). After the simulation is started the inserted objects begin to move regarding correlating interactions, determined by physical model of the simulation. All three software tools are firstly introduced and then we present the simulation construction processes of the same physical problem in all simulation environments. We also analysed this software in context of physics teaching to show their versatility in use at secondary school level. We analysed the primary and secondary school physics curriculums and gave suggestions on suitability of individual topics for application of simulations. The three presented simulation programmes are compared based on the criteria arising from classroom application. The results of simulation software comparison, their practicability and ideas on simulation use, presented in this work, enable teachers to easily decide which simulation environment they will use in their lessons.

Ključne reči: conceptual approach, ICT, simulation.

Особине превођења физичких појмова са српског на бугарски језик у наставној литератури

Валентина Седефчева

Великотрновски универзитет „Св. Св. Ћирило и Методије“

Тема обрађује проблем превођења физичких појмова са српског на бугарски језик. Имајући у виду особине методолошко-наставног процеса у српским школама са наставом на бугарском језику и званичну одлуку Р Србије за превођење и издавање уџбеника за различите врсте дисциплина на језике националних мањина, укључиво и уџбенике физике, потребно је посебно тумачење специфичних за превођење физичких термина. Методологија проучавања обухвата теоријско-преводилачки процес превођења са/на два блискосродна јужнословенска језика. Долази се до закључка да је потребо израђивање двојезичног српско-бугарског речника физичких појмова, с циљем олакшавања преводилачког процеса, спречавања појављивања недоумица у наставном процесу те пружања ђацима бугарске мањине најбољи и најквалитетнији начин за освајање материјала из области физике.

Кључне речи: физички појмови, превођење, српски/бугарски језик

ИНДЕКС

A

Aviani Ivica, 256, 257, 259

B

Barandovski Lambe, 7

D

Dorocki Marina, 264

E

Erceg Nataša, 133, 257, 259

F

Faletič Sergej, 243

G

Gagić Zvezdan, 258
Gjorgieva Slavica, 7

H

Hribar Danijel, 179

I

Ivošević Tatjana, 260

J

Jovanović Tatjana, 61

K

Kancler Aljoša, 77
Karuza Marin, 259
Klisurić Olivera, 258

M

Maksimović Biljana Z., 147
Mešić Vanes, 133, 259
Misailović Branislava M., 147
Mitrović Mićo M., 147
Mladenović Vladan, 261

N

Nikezić Dragoslav, 173
Nikolaus Patricija, 179, 187
Nikolaus Vesko, 187

P

Prodanović Tijana, 258, 262

R

Radovanović Jelena, 261
Radulović Branka, 258, 264
Repnik Robert, 265

S

Sokolić Franjo, 229
Stojanović Maja, 258
Stojanović Marko, 61

Z

Žekić Andrijana A., 147

А

Ангелов Калин, 255

Ѓ

Ѓоргиева Славица, 11

Д

Делевски Никола, 17
Делибашић Данило, 33
Делибашић Христина, 53

Ђ

Ђорђевић Горан С., 33

Ж

Жекић Андријана, 25
Жлибар Ана, 41

З

Зајков Оливер, 47

И

Исаковић Кристина, 53

Ј

Јовановић Мирослав, 97
Јокић Љиљана, 69
Јокић Стеван, 69

К

Карајовић Драган, 81
Ковачевић Милан С., 89, 97, 103
Ковачевић Соња, 103
Коцева Ивелина, 255
Круљ Ивана, 109

М

Максимовић Биљана, 25
Манолев Стојан, 117
Марковић Владимир, 41, 125, 233
Марковић-Топаловић Татјана, 25
Матијевић Милица, 223
Мисаиловић Бранислава, 25
Митревски Боце, 141
Младеновић Владан, 157

Н

Нешић Љубиша, 33, 109, 165, 209

П

Петковић Маријана, 223
Петровић Виолета, 53, 195
Прокић Вера, 203

Р

Раденковић Лазар, 165, 209
Радивојевић Драган, 109, 215
Радовановић Јелена, 157
Радовић Миодраг К., 215
Радуловић Бранка, 263

С

Седефчева Валентина, 266
Скубан Соња, 239
Скубан Федор, 239
Стевановић Ненад, 41, 125, 233
Степић Милутин, 223
Стојановић Иван, 249
Стојановић Маја, 239, 263

Ц

Цветановић Драган, 81
Цветинов Мирослав, 239

Ш

Шљивовић Младен, 249