

TEMA T2.4: INOVACIJE U MODERNOM OBRAZOVANJU (Inovativne metode učenja, Tehnologija u službi znanja, Softverske platforme i alati u obrazovanju...)

Paper No.T2.4-1

10633

VPYTHON U SLUŽBI LABORATORIJSKIH VEŽBI IZ FIZIKE NA DEPARTMANU ZA FIZIKU U NOVOM SADU

Jelena Pisarov^{1,2}, Maja Stojanović¹

¹Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad, Srbija

²Óbuda University, Doctoral School of Safety and Security Sciences, Budapest, Hungary

^{1,2}jelena.pisarov@gmail.com, ¹maja.stojanovic@df.uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu je predstavljena korelacija između fizike i programiranja. „On-line” aplikacija VPython je pružila kako tekstualno programiranje, odnosno pisanje programskog koda tako i vizuelni prikaz tzv. simulaciju realnog fizičkog problema. Svaki fizički problem se na ovaj način može prikazati studentima na laboratorijskim vežbama iz fizike putem interneta preko različitih platformi za „on-line” nastavu.

Ključne reči: međupredmetna korelacija, rešavanje problema, fizika, programiranje, VPython, vizuelni prikaz fizičkog problema, simulacija fizičkog problema

VPYTHON IN THE SERVICE OF LABORATORY EXERCISES IN PHYSICS AT THE DEPARTMENT OF PHYSICS IN NOVI SAD

Abstract: In this paper, the correlation between physics and programming is presented. The "On-line" application VPython provided both textual programming, as well as a visual simulation of a physics problem. In this way, every physics problem can be presented to students as laboratory exercises via the Internet, using various protoforms for "online" teaching.

Keywords: cross-curricular correlation, problem solving, physics, programming, VPython, visual representation of a physics problem, simulation of a physics problem

1. UVOD

Na Departmanu za fiziku laboratorijske vežbe iz mehanike za studente prve godine su se na početku školske 2020/2021. godine realizovale u manjim grupama, zbog epidemiološke situacije u zemlji i na preporuku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Međutim, u decembru je odluka kriznog štaba za vandredne situacije propisala da se nastava na fakultetima odvija „on-line”. Prvo je pokušano da se laboratorijske vežbe realizuju po principu obrade dobijenih rezultata i vraćanja istih na pregled, gde je student bio lišen samog merenja, odnosno izvođenja same laboratorijske vežbe.

Da bi problem bio malo ublažen pribeglo se korišćenju „on-line” programa VPython, kako bi student dobio trodimenzionalni (3D) prikaz fizičkog problema iz laboratorijskih vežbi. Prilikom programiranja kao rezultat se dobija 3D slika fizičkog problema koja se može rotirati, grafik koji povezuje fizičke veličine, izračunavanje karakterističnih vrednosti i slično. Različitim bojama mogu da budu prikazani putanja odnosno trajektorija tela, razni grafikoni (na primer: zavisnost položaja tela od vremena), vektor brzine, vektor ubrzanja, sile koje deluju na telo, i drugo.

2. FIZIKA I PROGRAMIRANJE

Na Univerzitetu u Novom Sadu na Prirodno-matematičkom fakultetu na Departmanu za fiziku studenti na Osnovnim akademskim studijama fizike u trajanju od 4 godine uče da programiraju u okviru predmeta Aplikativni softveri na prvoj godini studija, a naučeno mogu da primene u drugim predmetima, kao što je na primer mehanika. [2] Cilj predmeta je da osposobi studenta da rešava matematičke i programske zadatke na računaru, da razvija algoritamsko mišljenje i preciznost u izražavanju, kroz nastavu programiranja uz upotrebu interaktivnog razvojnog okruženja i debagera – „on-line” program VPython. [3][6][7][16]

Tokom „on-line” nastave student je razvijao:

1. opšte sposobnosti – algoritamski način razmišljanja u postavljanju, rešavanju i interpretaciji programskih zadataka;
2. predmetno-specifične sposobnosti – sposobnost korišćenja osnovnih tipova i struktura podataka, kontrolnih struktura i naredbi odlučivanja, sposobnost korišćenja naprednih struktura podataka i praćenje toka programa i ispravljanje grešaka u programu pomoću debagera, razumevanje osnovnih algoritama za rešavanje matematičkih problema, korišćenje programiranja u rešavanju zadataka iz odabranih oblasti matematike i fizike.

Teorijski sadržaj predmeta obuhvata osnovne elemente programiranja: identifikatore, naredbe, promenljive, tipove i izraze, ugrađene matematičke funkcije, nizove i matrice i operacije sa njima, logičke vrednosti i osnovne

kontrolne naredbe, petlje i iteracije, sortiranje, kontrolu grešaka, grafičko predstavljanje funkcija, pisanje korisnički definisanih funkcija, simulacije, primene u rešavanju problema iz fizike.

Praktična nastava obuhvata računarske vežbe koje prate nastavu kroz praktične primere. [1]

3. PRIMER FIZIČKOG PROBLEMA

U daljem tekstu će biti opisan realan fizički problem – *Kretanje tela u gravitacionom polju Zemlje sa uticajem otpora vazduha*. Tokom osnovne i srednje škole se kretanje tela u gravitacionom polju Zemlje i otpor sredine obrađuju odvojeno, tako je rešavanje problema jednostavnije. Međutim, studenti fizike na laboratorijskim vežbama imali su prilike da tokom „on-line” nastave prvo vide demonstracione eksperimente, a zatim su sami u „on-line” programu VPython programirali sopstvenu simulaciju fizičkog problema.

Pri kretanju tela u gravitacionom polju Zemlje sa uticajem sile otpora sredine na telo deluju dve sile istih pravaca, ali suprotnih smerova – gravitaciona sila i sila otpora sredine. Na osnovu II Njutnovog zakona gravitaciona sila (F_g) je jednaka proizvodu mase tela i gravitacionog ubrzanja, odnosno

$$F_g = m \cdot g$$

gde m – masa tela i g – gravitaciono ubrzanje. Sila otpora sredine (F_{otp}) zavisi od oblika i dimenzije tela, brzine kretanja i svojstva sredine kroz koju se telo kreće. Njtn je predvideo da je sila otpora sredine srazmerna kvadratu brzine, te ona ima oblik:

$$F_{otp} = \frac{1}{2} \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$$

gde c – koeficijent koji zavisi od oblika tela, ρ – gustina sredine, S – površina poprečnog preseka tela normalna na pravac kretanja tela i v – brzina tela.

Koristeći II Njutnov zakon za kretanje tela u gravitacionom polju Zemlje sa uticajem sile otpora sredine, rezultujuća sila će biti jednaka vektorskom zbiru gravitacione sile i sile otpora sredine, odnosno:

$$\vec{F}_r = \vec{F}_g + \vec{F}_{otp} \Rightarrow F_r = F_g - F_{otp} = m \cdot g - \frac{1}{2} \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot v^2.$$

U primeru su korišćene sledeće vrednosti:

- masa tela (loptice) je $m = 250$ g;
- gravitaciono ubrzanje⁽¹¹⁾ je uzeto na Paliću (slika 1)
 $g = 9,8066547 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;
- koeficijent za sferu pri otporu vazduha je $c = 0,47$;
- gustina vazduha je $\rho = 1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$;
- poluprečnik tela je $r = 5$ cm;

za površinu poprečnog preseka tela sfernog oblika koristi se formula za izračunavanje površine kruga, odnosno

$$S = r^2 \cdot \pi.$$



Slika 1. Palički meridijan

```
1 flowScript 3.0 VPython
2 from visual import *
3 from visual.graph import *
4
5 scene2 = canvas(background=color.white, height=400, center=vector(2, 1, 0),
6 title="Kretanje tela u gravitacionom polju Zemlje sa uticajem otpora vazduha")
7
8 # kreiranje tela - loptice
9 ball = sphere(pos=vector(0, 2, 0), radius=0.05, color=color.red, make_trail = True, trail_type = 'curve')
10 # kreiranje tla
11 floor = box(pos=vector(2, 0, 0), size=vector(4, 0.01, 1), color=color.green)
12
13 # početni uslovi
14 # početna brzina loptice
15 ball.velocity = vector(0.5, 0, 0)
16 # masa loptice
17 ball.mass = 0.25
18 # impuls loptice, p = m * v, [p] = 1 kg*m/s
19 ball.p = ball.mass * ball.velocity
20 # gravitaciono ubrzanje na Paliću, g = 9.8066547 m/s^2
21 # na N 46° 06' 03" E 19° 14' 04"
22 g = vector(0, -9.8066547, 0)
23 # korak za vreme, 1 ms
24 dt = 0.001
25 # početno vreme
26 t = 0
27 # uticaj otpora vazduha, Fair = -1/2 * c * rho * A * v^2 * ort(v)
28 # koeficijent za sferu pri otporu vazduha
29 c = 0.47
30 # gustina vazduha, [rho] = 1 kg/m^3
31 rho = 1.225
32 # površina poprečnog preseka loptice
33 A = pi * ball.radius ** 2
```

Slika 2. Prvi deo koda

⁽¹¹⁾ Palički meridijan: severna geografska širina N 46° 06' 03", istočna geografska dužina E 19° 14' 04" i nadmorska visina 113,56 m

4. PROGRAMSKI KOD I VPYTHON

U prvom delu programskog koda su deklarirane biblioteke koje se koriste za crtanje 3D simulacije i biblioteka za crtanje grafika, kao i „scena” odnosno prostor u kome će biti predstavljena 3D simulacija. Definisana je veličina i boja tela (loptice), kao i veličina i boja podloge. Zatim su dati početni uslovi: masa tela, gravitaciono ubrzanje, koeficijent za sferu i gustina vazduha (slika 2).

Prilikom pisanja koda korišćeno je definisanje promenljive za vreme, kao i korak (1 ms) računanja svake naredne vrednosti, formula za računanje površine poprečnog preseka, a kao „srce” programa je korišćena petlja „while” u kojoj se računa rezultujuća sila, pozicija tela u sve tri koordinate, intenzitet brzine, kao i komponente brzine, udaljenost tela od vertikalnog položaja kao i vremenski trenutak u kome telo udari o tlo. U simulaciji je uzeto da se prilikom sudara tela i podloge radi o apsolutnom elastičnom sudaru (slika 3).

```

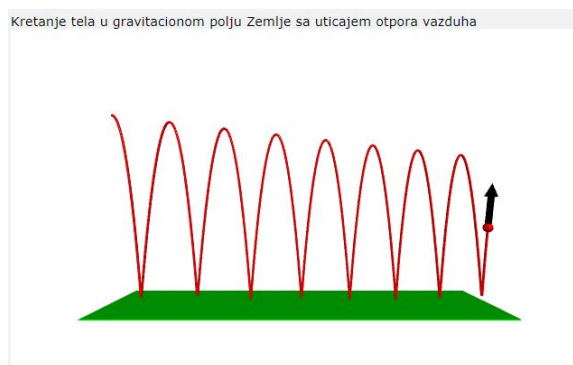
34
35 scale = 0.5
36
37 print("vreme", '\t', "polozaj", '\t', "int. brzine", '\t', "komp. brzine")
38 print("t [s]", '\t', "<x, y, z>, [m]", '\t', "v [m/s]", '\t', "<vx, vy, vz> [m/s]")
39 gd = graph(title="Zavisnost visine tela od vremena", xtitle="vreme, t", ytitle="visina, y", height=300)
40 posgraph = gcurve(color=color.green)
41 trail = curve(color=color.blue)
42 pvector = arrow(pos=ball.pos, axis=ball.p, color=color.black)
43
44 b = 1
45
46 while ball.pos.x <= 4:
47     rate(1 / dt)
48     ball.pos = ball.pos + (ball.p / ball.mass) * dt
49     if ball.pos.y < (floor.pos.y + ball.radius):
50         ball.p.y = -ball.p.y
51         b += 1
52         print(t, '\t', ball.pos, '\t', mag(ball.p)/ball.mass, '\t', ball.p/ball.mass)
53     # rezultujuća sila, Fnet = g*m - Fair
54     Fnet = g*ball.mass - 0.5 * c * rho * A * mag(ball.p/ball.mass) ** 2 * norm(ball.p)
55     ball.p = ball.p + Fnet * dt
56     # za crtanje trenutnog položaja loptice
57     posgraph.plot(pos = (t, ball.pos.y))
58     # za crtanje putanje loptice
59     trail.append(pos = ball.pos)
60     # za crtanje vektora brzine
61     pvector.pos = ball.pos
62     pvector.axis = scale * ball.p
63     t += dt

```

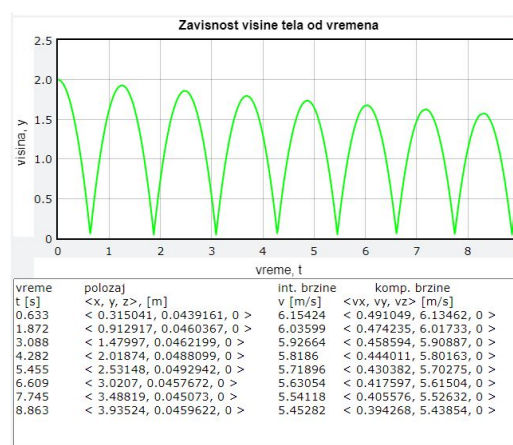
Slika 3. Drugi deo koda

Na slici 4 je prikazana 3D simulacija koja se dobija prilikom pokretanja programa. Crvenom bojom je predstavljeno telo (loptica) kao i njegova trajektorija. Zelenom bojom je predstavljena podloga. Tokom simulacije jasno se uočava pravac, smer i intenzitet vektora brzine – crna strelica.

Na slici 5 je prikazan grafik – zavisnost položaja tela od vremena, gde je na x-osi prikazano vreme, a na y-osi visina na kojoj se telo nalazi. Takođe je prikazana i tabela u kojoj su data vremena kada je telo udarilo o podlogu, zatim trenutni položaj tela, kao i intenzitet brzine i komponente brzine.



Slika 4. 3D simulacija



Slika 5. Grafik i tabela

5. ZAKLJUČAK

Ukoliko je student uspešno usvojio gradivo iz predmeta *Aplikativni softveri* na prvoj godini studija fizike, neće mu biti teško da nastavi svoje usavršavanje na drugoj godini iz predmeta *Numeričke metode i programiranje u fizici*. [8-15] Kroz ova dva predmeta student u korelaciji između fizike i programiranja:

- stiče elementarna znanja iz numeričke matematike i kompjuterske fizike;
- ovladava numeričkim metodama i softverom koji se primenjuje u obradi eksperimentalnih podataka i rešavanju matematičkih problema;
- stiče sposobnost korišćenja gotovih i izrade sopstvenih programa za obradu rezultata fizičkih merenja;
- osposobljava se za usvajanje i primenu metoda kompjuterske fizike, za korišćenje biblioteka gotovih potprograma, za razvijanje kritičkog načina mišljenja i analize problema;
- osposobljava se da na osnovu usvojenih znanja bude u mogućnosti da samostalno rešava konkretne probleme, implementira algoritme i pravilno tumači softverski dobijene rezultate;
- osposobljava se za projektovanje i izradu kompjuterskih simulacija iz oblasti klasične fizike i priprema za oblast kvantne fizike. [2]

„On-line” nastavom je podstaknuto da student „primeni naučeno” što znači da usvojeno znanje iz jednog predmeta, zna da primeni u drugom predmetu, dok je korelacija među predmetima neophodna za sticanje kompetencije za celoživotno učenje, odgovorno učešće u demokratskom društvu, komunikaciju, rad sa podacima i informacijama, rešavanje problema, saradnju i digitalnu kompetenciju. [4][5][10][14]

Tokom laboratorijskih vežbi kroz različite praktične primere studenti su samostalno rešavali i implementirali kôd za simulaciju – kompjutersko modeliranje u sledećim oblastima: mehanički sistemi, nelinearna dinamika, potencijali i polja, talasi i optika, nasumični sistemi, statistička fizika i fazni prelazi, molekularna dinamika, interdisciplinarne teme, kompjuterska fizika u obradi rezultata merenja koristeći „on-line” program VPython.

6. LITERATURA

- [1] <https://www.pmf.uns.ac.rs/studije/studijski-programi/fizika-2018/?script=lat>, posećen 24. januara 2021. godine
- [2] Stankić M. & Pisarov J., *Međupredmetni transfer znanja u funkciji razvijanja jezičkih kompetencija učenika koji učestvuju na takmičenjima*, 9. međunarodna interdisciplinarna naučnostručna konferencija „Vaspitno-obrazovni i sportski horizonti”, pp. 120-125, ISBN 978-86-87893-36-8, COBISS.SR-ID 306575111, Visoka škola strukovnih studija za obrazovanje vaspitača i trenera, Subotica, Serbia, May 2016.
- [3] Pisarov J., *Experience with mBot – Wheeled Mobile Robot*, XXXV. Jubileumi Kándó Konferencia 2019, pp. 47-51, ISBN 978-963-449-163-7, Óbuda University, Budapest, Hungary, Nov. 2019.
- [4] Mester G., Pisarov J. & Zilahy D., *Magyarországi robotikai kutatók ranglistája*, XXXV. Jubileumi Kándó Konferencia 2019, pp. 224-232, ISBN 978-963-449-163-7, Óbuda University, Budapest, Hungary, Nov. 2019.
- [5] Mester G., Pisarov J. & Németh E., *Óbudai Egyetem rangsorolása a Webometrics 2019-es ranglistákon*, XXXV. Jubileumi Kándó Konferencia 2019, pp. 233-238, ISBN 978-963-449-163-7, Óbuda University, Budapest, Hungary, Nov. 2019.
- [6] Pisarov J. & Mester G., *Programming the mBot Robot in School*, MechEdu 2019 – International Conference & Workshop, Mechatronics in Practice and Education, pp. 45-48, ISBN 978-86-918815-5-9, Subotica Tech, Subotica, Serbia, Dec. 2019.
- [7] Pisarov J., *mBot kerekeken gördülő mobil robot irányítása*, Magyar Tudomány Napja a Délvidéken 2019, Vajdasági Magyar Tudományos Társaság, pp. 1-6, Novi Sad, Serbia, Dec. 2019.
- [8] Pisarov J., *Önvezető autók okos városokban*, European Smart Sustainable and Safe Cities Conference (SSSCC 2020), pp. 1-6, Budapest, Hungary, Jan. 2020.
- [9] Pisarov J., *5G i samovozeći automobili*, XXVI Skup Trendovi razvoja: „Inovacije u modernom obrazovanju”, pp. 391-394, ISBN 978-86-6022-241-3, COBISS.SR-ID 332796167, Kopaonik, Serbia, Feb. 2020.
- [10] Pisarov J. & Mester G., *Rang lista fizičara Srbije*, XXVI Skup Trendovi razvoja: „Inovacije u modernom obrazovanju”, pp. 559-562, ISBN 978-86-6022-241-3, COBISS.SR-ID 332796167, Kopaonik, Serbia, Feb. 2020.
- [11] Pisarov J. & Mester G., *The Impact of 5G Technology on Life in 21st Century*, IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR), Vol. 16, No. 2, pp. 11-14, ISSN 1820-4511, July 2020.
- [12] J. L. Pisarov & G. Mester, *Handbook of Research on Cyber Crime and Information Privacy (2 Volumes), Self-Driving Robotic Cars: Cyber Security Developments*, IGI Global, pp. 599-631, ISBN13: 9781799857280, DOI: 10.4018/978-1-7998-5728-0.ch028, Aug. 2020.
- [13] J. Pisarov, *Az autonóm járművek jövője*, Vajdasági Magyar Tudóstalálkozó 2020, pp. 1-9, Subotica, Serbia, Sep. 2020.
- [14] J. Pisarov, *Szerbiai fizikusok 2020-as ranglistája*, Magyar Tudomány Napja a Délvidéken 2020, Vajdasági Magyar Tudományos Társaság, pp. 1-5, DOI: 10.13140/RG.2.2.25770.24009, Novi Sad, Serbia, Nov. 2020.
- [15] J. Pisarov & G. Mester, *The Future of Autonomous Vehicles*, FME Transactions (2021), Vol. 49, No. 1, pp. 29-35, ISSN: 1451-2092, DOI: 10.5937/fme2101029P, Dec. 2020.
- [16] S. Evripidou, K. Georgiou, L. Doitsidis, A. A. Amanatiadis, Z. Zinonos & S. A. Chatzichristofis, *Educational Robotics: Platforms, Competitions and Expected Learning Outcomes*, IEEE Access, Vol. 8, pp. 219534-219562, ISSN: 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3042555, Dec. 2020.