



VPYTHON U KORELACIJI FIZIKE I PROGRAMIRANJA

VPython je „on-line“ softver koji programski kôd prikazuje trodimenzionalno (3D). 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.

Od 2017. godine u osnovnu školu je uveden obavezni predmet **Informatika i računarstvo**. Cilj predmeta je da se učenik osposobi da rešava matematičke probleme i programske zadatke na računaru, da razvija algoritamsko mišljenje i preciznost u izražavanju, kroz nastavu programiranja uz upotrebu interaktivnog razvojnog okruženja i debagera – na primer „on-line“ program *VPython*.

Učenik razvija:

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.

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

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, učenici fizike su na dodatnoj nastavi imali 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 koji sledi korišćene su sledeće vrednosti:

- masa tela (loptice) je $m = 250$ g;
- gravitaciono ubrzanje⁽¹⁾ 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

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).

```
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

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).

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.

⁽¹⁾ Palički meridijan: severna geografska širina N 46° 06' 03", istočna geografska dužina E 19° 14' 04" i nadmorska visina 113,56 m

Na slici 4 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.

```

34 scale = 0.5
35
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='<b>Zavisnost visine tela od vremena</b>', 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.p, 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.p
62     pvector.axis = scale * ball.p
63     t += dt

```

Slika 3. Drugi deo koda

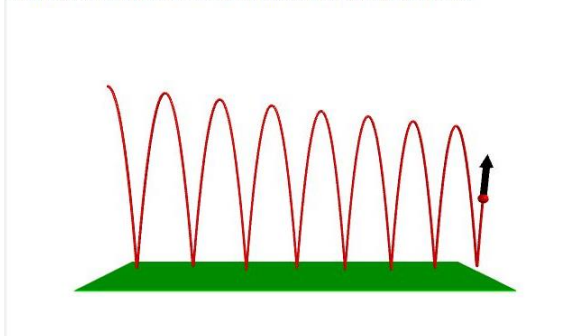
Zaključak

Kroz ova dva predmeta učenik u korelaciji između fizike i programiranja:

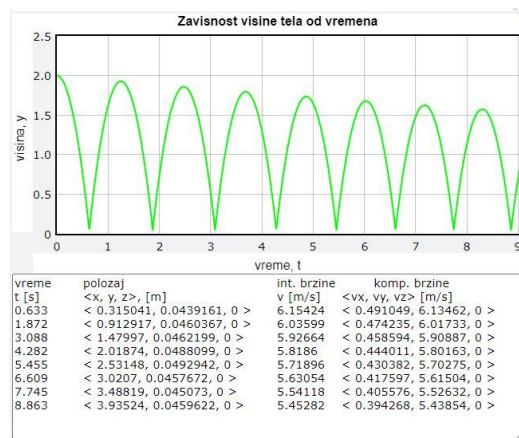
- stiče elementarna znanja iz kompjuterske fizike;
- ovladava numeričkim metodama i softverom koji se primenjuje u obradi ekperimentalnih podataka i rešavanju matematičkih problema;
- stiče sposobnost korišćenja gotovih i izrade sopstvenih programa za obradu rezultata fizičkih merenja;
- osposobljava 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.

„On-line” nastavom je podstaknuto da učenik „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.

Kretanje tela u gravitacionom polju Zemlje sa uticajem otpora vazduha



Slika 4. 3D simulacija



Slika 4. Grafik i tabela