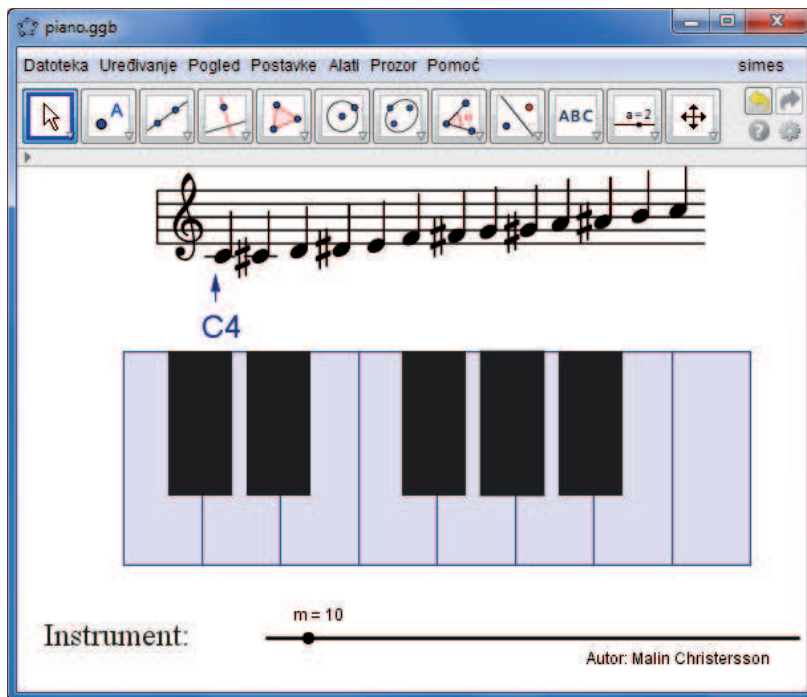


Znate li da GeoGebra može zasvirati?



Šime Šuljić, Pazin

Britansko-američki filozof, fizičar i matematičar Alfred North Whitehead (1861. – 1947.), koji je zajedno s Bertrandom Russellom napisao poznato djelo *Principia Mathematica* kazao je: *čista matematika kao znanost može polagati pravo na to da je najoriginalnija tvorevina ljudskog duha. Odmah za njom pravo na to može polagati glazba.*

Kako su matematika i glazba izrazito apstraktne discipline, ne iznenađuje da je u njima, više nego u drugim disciplinama, svoju ulogu pronašlo računalo. Dovoljno je spomenuti samo kako svako računalo možete učas pretvoriti u snažan stroj za računanje vrlo složenih matematičkih algoritama ili s pomoću njega komponirati glazbu i ujedno je odsvirati.

I u nastavi računalo u tim predmetima ima posebnu ulogu. Još su stari Grci otkrili duboku vezu između glazbe i matematike. Ovdje se nećemo pozabaviti pitagorejcima koji su otkrili da su dva tona konsonantna ako im omjeri frekvencija stoje u malim prirodnim brojevima. U glazbi se, kao i matematičari, dugo kroz povijest stvarao odgovarajući zapis. Ne-

gdje u 18. stoljeću formiran je današnji notni zapis i već zapisivanje nota čista je aritmetika. Cijela nota traje koliko i dvije polovinke, polovinka kao dvije četvrtinke i tako dalje.

Samo crtovlje je svojevrstan koordinatni sustav u kojem os x predstavlja protok vremena, a na y -os se nanose frekvencije tonova. Kroz epohe i kulture mijenjale su se različite tonske ljestvice. Današnji ton A4 koji se nalazi u prvoj oktavi ima frekvenciju 440 Hz, oktavu niži ton A3 ima frekvenciju 220 Hz, a A2 ima frekvenciju 110 Hz. Očito je riječ o geometrijskom nizu što povlači da su razlike među frekvencijama susjednih tonova stalno različite. Međutim, nisu omjeri: $f_1 : f_2 = f_3 : f_4$, iz čega slijedi da vrijedi: $\log f_1 - \log f_2 = \log f_3 - \log f_4$. Glazbeno

crtovlje s jednakim razmakom među crtama je zapravo logaritamska skala! Ima tu dakle matematike, pa ako *GeoGebra* još i svira, evo nam prilike da istražimo tu vezu.

MIDI format

Opišimo najprije tehničku stranu *GeoGebra*na muziciranja.

Naredba `Zvuk[<nota>, <trajanje>, <instrument>]` svira MIDI notu. Prema Wikipediji "MIDI je skraćenica od engleske složenice *Musical Instrument Digital Interface*, i odnosi se na standardni međusklop koji omogućuje spajanje elektroničkih glazbala, računala i ostalih glazbenih perifernih uređaja i usklađuje razmjenu podataka između tih uređaja. MIDI ne razmjenjuje analogne signale, već digitalne signale koji opisuju zvuk koji je uređaj ili glazbalo stvorilo. Kao standard MIDI je nastao 1982. i prihvaćen je kao standard od cijele muzičke industrije".

- **Nota** je u MIDI formatu vrijednost između 0 i 127 koja predstavlja određenu glazbenu notu iz tablice ispod. Tako vrijednost 60 predstavlja srednji C.

Oktava	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
4	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
5	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
6	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
7	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
8	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
9	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
10	120	121	122	123	124	125	126	127				

- **Trajanje** predstavlja vrijeme trajanja note u sekundama.
- **Instrument** je cijeli broj od 0 do 127 koji predstavlja sintetizirani instrument koji izvodi notu. Evo nekih instrumenata:
 - 0 – glasovir
 - 1 – pianino
 - 24 – akustična gitara
 - 33 – električna bas gitara
 - 40 – violina
 - 71 – klarinet
 - 105 – bendžo.

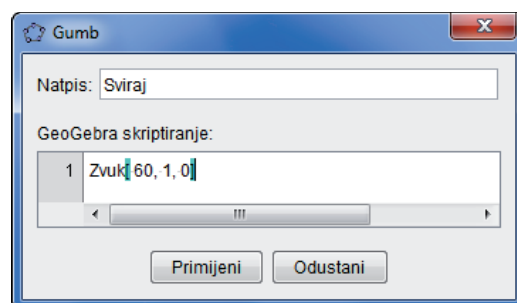
Ali tu su i neki zvukovi:

- 122 – morski val na plaži
- 123 – cvrkut ptice
- 124 – telefonsko zvono
- 125 – helikopter
- 126 – aplauz
- 127 – pucanj pištolja.

Kompletan popis instrumenata i zvukova možete naći na stranici

www.classicalmidiconnection.com

Naredba **Zvuk** izvršava se jednokratno upisom u traku za upis i pritiskom tipke *Enter* ili s pomoću alata *Gumb* umetanjem naredbe na karticu *Skriptiranje*. Vidi sliku:



Slika 2.

Naravno, osim konkretnih brojeva, mogu se unositi prethodno definirane varijable, odnosno parametri ili klizači.

Notni zapis

GeoGebra zapravo koristi *JFugue* (www.jfugue.org), aplikacijsko programsko sučelje koje značajno olakšava složen MIDI sustav. U njemu je note moguće zadavati i u notnom, odnosno slovnom zapisu kao niz. Naredba: `Zvuk[‘‘C D E F G A B’’, 0]` odsvirat će ljestvicu pete oktave. Moguće je svirati snižene i povišene tonove ali i odrediti njihovu duljinu.

Osnovne JFugue naredbe

Znak	Naredba
A – G	Izvodi glazbenu notu danu slovom u 5. oktavi. Za snižene i povišene tonove dodajte b ili #. Za promjenu oktave dodajte broj oktave, primjerice A4.
[broj]	Trajanje note je četvrtinka ako nije drukčije naglašeno. Izvodi MIDI notu danu brojem (0 – 127).
+	Spaja note u harmoniju npr. C+E+G.
R	Pauza
w, h, q, i, s	Dodano na kraj note ili pauze; određuje trajanje note ili pauze w = cijela nota (engl. <i>whole note</i>) h = polovinka (engl. <i>half note</i>) q = četvrtinka (engl. <i>quarter note</i>) i = osminka (engl. <i>eighth note</i>) s = šesnaestinka (engl. <i>sixteenth note</i>).
/n	Dodano noti ili pauzi; određuje trajanje do n (decimalni broj) .1 = cijela nota (engl. <i>whole note</i>) .5 = polovinka (engl. <i>half note</i>) .25 = četvrtinka (engl. <i>quarter note</i>) .2 = dvije mjere.
l[broj]	Određuje instrument.
v	V s pratećim brojem od 0 do 15 određuje MIDI kanal. Tako "V9" postavlja MIDI kanal s udaraljka.
Razmak	Izvodi prethodnu notu, kombinaciju nota ili pauzu.

Primjeri

- `Zvuk[‘‘C+E+G Rw Ai Bi Ci A4i B4i C4i’’, 0]`
— izvodi akord CEG u trajanju četvrtinke; nakon pauze u trajanju cijele note izvodi osminke A, B, C, a onda ih izvodi opet oktavu niže. Koristi se glasovir.

- `Zvuk[‘‘I[56] C5q D5q I[71] G5q F5q’’, 0]`
— izvodi note s različitim instrumentima: trubi (56) i klarinetu (71).
- `Zvuk[‘‘V0 A3w B3w C3w B3w V1 A2h C2h’’, 0]`
— izvodi note u harmoniji s različitim glasovima.

Izvršenje cijele datoteke

`Zvuk[<datoteka>]`

— izvodi MIDI datoteku (*.mid) ili tekstualni dokument (*.txt) koji sadrži *JFugue* notaciju. Kao argument naredbe upisuje se putanja do datoteke, npr. `‘‘korisnik/imemape/mojadatoteka.mid’’`. Ako je datoteka u istoj mapi u kojoj i GeoGebrina datoteka, onda upisujemo samo ime MIDI ili tekstualne datoteke. Datoteka se može nalaziti i na internetu, a u tom slučaju upisujemo njen URL. Primjer: `Zvuk[‘‘http://www.classicalmidiconnection.com/misc/mf/midi/b2/albinoni.mid’’]`

Velik broj takvih datoteka nalazi se na već spomenutoj internetskoj adresi www.classicalmidiconnection.com. Dakle, vaša *GeoGebra* može ih odsvirati bez formalnog preuzimanja datoteke na tvrdi disk.

Neka sviraju funkcije

`Zvuk[<funkcija>, <najmanja vrijednost>, <najveća vrijednost>]`

— izvodi zvuk generiran funkcijom, zadanom u rasponu $[-1, 1]$. Jedinice vremena su sekunde i zvuk se izvodi od najmanje vrijednosti do najveće vrijednosti. Zvuk nastaje 8-bitnim uzorcima uzetim brzinom od 8000 uzoraka u sekundi.

Primjeri

- 1) `Zvuk[sin(440 2Pi x), 0, 1]`
— izvodi čisti sinusni ton na 440 Hz (glazbena nota A) u trajanju od jedne sekunde.
- 2) `Zvuk[<funkcija>, <najmanja vrijednost>, <najveća vrijednost>, <frekvencija uzorka>, <dubina uzorka>]`
— izvodi zvuk generiran funkcijom, zadanom u rasponu [-1,1]. Jedinice vremena su sekunde i zvuk se izvodi od najmanje vrijednosti do najveće vrijednosti. Metoda uzorkovanja je određena "frekvencijom uzorka" i "dubinom uzorka".
"Frekvencija uzorka" je broj vrijednosti uzorka uzet svake sekunde. Dopuštene vrijednosti su 8000, 11 025, 16 000, 22 050 ili 44 100.
"Dubina uzorka" je podatak o uzorku u bitovima. Dopuštene vrijednosti su 8 i 16.

Logičke vrijednosti naredbe Zvuk

Dvije su logičke vrijednosti koje možemo dodijeliti naredbi:

- `Zvuk [false]` — pauza, zaustavlja tekuće sviranje
- `Zvuk [true]` — nastavlja s izvođenjem zvuka.

Odsvirajmo ljestvicu

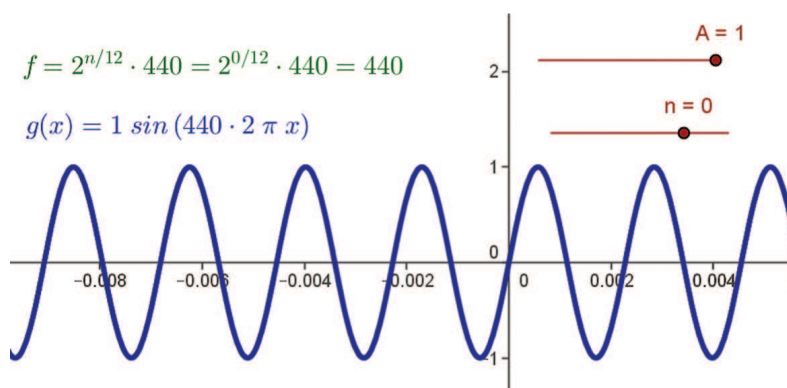
Danas na servisu *GeoGebraTube.org* dnevno pristiže više desetaka novih radova. Zamijetio sam

radove švedske kolegice Malin Christersson, koja ima i svoju vrlo preglednu *web*-stranicu na kojoj između ostalih matematičkih sadržaja poučava GeoGebru (www.malinc.se). Crtež na slici 1 je njen rad. Rad je zapravo vrlo jednostavan ali efektan. Crtovlje je umetnuta slika, a klavijatura su nacrtani pravokutnici i to kroz GeoGebri tablični prikaz. Svakom tom pravokutniku na kartici *Svojstva* > *Skriptiranje* > *Na klik* dodano je primjerice:

```
PostaviVrijednost [n, -9]
Zvuk[ 'C4', m]
```

Ovdje je n broj, koji je uvjet za prikaz teksta C4 i strelice koja pokazuje odgovarajuću notu, a m je vrijednost klizača koji određuje instrument. I tako klikanjem po "klavijaturi" odsviramo ljestvicu.

Na *web*-stranici u poglavlju *Trigonometrija* nalazi se i rad *Frekvencije tonova*. Opet vrlo jednostavna ideja. Izračunavaju se frekvencije tonova po formuli: $f = 2^{\frac{n}{12}} \cdot 440$, gdje je n cijeli broj od -9 do 3 (tonovi C4 do C5). Zatim je zadana funkcija: $g(x) = A \sin(f \cdot 2\pi \cdot x)$. Amplituda A je u granicama od 0 do 1 i određuje glasnoću zvuka. Na slici 3 vidljiv je graf koji nastaje kada je $n = 0$, odnosno kada imamo ton A. Petnaest sekundni zvuk nastaje klikom na gumb kojem je pridijeljena skripta: `Zvuk [g, 0, 15]`.



Slika 3.

Istražite još

Ovo je ono osnovno što GeoGebrinom naredbom **Zvuk** možete napraviti. Svakako u neke svoje radove možete ugraditi zvučne efekte, pogotovo ako se radi o interaktivnim zadatcima za učenike. Što su sve napravili kolege iz svijeta provjerite upisom pojma "sound" ili "music" na *skladistu* www.geogebraTube.org. Izvan toga preporučam još virtualni fizikalni pokus vibriranja aluminijske žice na stranici <http://geogebrawiki.wikispaces.com> (engl. *Speed of Sound*).

LITERATURA

- 1/ Rozália Sz. Madarász: *Matematika i muzika*, <http://jojmatis.wordpress.com>
- 2/ Glazbena ljestvica, <http://hr.wikipedia.org>
- 3/ *GeoGebra Priručnik*, http://wiki.geogebra.org/hr/Zvuk_naredba
- 4/ Malin Christersson, www.malinc.se

Prvi poziv

Poštovane kolegice i kolege,

čast nam je i zadovoljstvo pozvati vas na treći državni stručni skup

Nastava matematike i izazovi moderne tehnologije

koji će se održati u

Bizovačkim toplicama od 17. do 19. listopada 2014. godine.

Državni stručni skup organizira **Udruga Normala** u suorganizaciji s **Agencijom za odgoj i obrazovanje** te će svi sudionici skupa dobiti Potvrde o stručnom usavršavanju koje izdaje AZOO.

Skup je namijenjen svim učiteljima i nastavnicima matematike.

Ciljevi skupa su osuvremenjivanje nastave matematike, upoznavanje sudionika skupa s novim oblicima rada, te uporabe moderne tehnologije u nastavi matematike (program dinamičke geometrije, pametna ploča te ostale aplikacije) i razmatranje svih ostalih aspekata nastave matematike.

Na skupu se planiraju plenarna predavanja i radionice koje će održati sveučilišni profesori, viši savjetnici iz AZOO te učitelji/nastavnici matematike.

Ovim putem pozivamo sve kolegice i kolege, koji bi željeli održati predavanje ili radionicu na stručnom skupu, neka pošalju sažetak izlaganja/radionica na udruga@normala.hr najkasnije do 1. srpnja 2014. godine. Molimo da u sažetke uključite planirano vrijeme trajanja te tehničku opremu koja će vam biti potrebna. Programski će odbor o svojoj odluci o eventualnom (ne)prihvaćanju izlaganja/radionica obavijestiti sudionike najkasnije do 15. kolovoza 2014. godine.

Sve daljnje informacije možete naći na mrežnim stranicama Udruge Normala (www.normala.hr) pod karticom "Slavonija 2014." ili putem poveznice www.bit.ly/slavonija2014.

