



Korištenje Jupyter bilježnica u pripremi interaktivnih nastavnih materijala iz matematike

Doc.dr.sc. Ana Žgaljić Keko

Sveučilište u Zagrebu Fakultet
elektrotehnike i računarstva

Zavod za primijenjenu
matematiku

ana.zgaljic@fer.hr

Otvoreni nastavni sadržaji i online kolegiji

Sve veća dostupnost online kolegija

- MIT OpenCourseWare: ocw.mit.edu
- Stanford Open Learning Initiative: oli.stanford.edu
- edX, Coursera...

MOOCs (Massive Open Online Courses)

- Video predavanja
- Materijali za samostalno čitanje
- Zadaci
- Forume za interakciju među studentima

Pogodnosti video materijala?

- Video materijalima može se uvesti novi koncept
- Moguće ih je koristiti bez terminskog ograničenja (kao predavanja)
- Korištenje s dinamikom prilagođenom studentu (pauze, povratak na nejasne dijelove...)

Ipak...

- Video materijal „konzumira” se pasivno!
- Studente treba angažirati i okupirati uvedenim konceptima
- Interakcija s idejama i problemima vezanim za uvedene koncepte
- Aktivni rad traži i značajan angažman predavača!

Metode poučavanja: Preokrenuta učionica

- Preokrenuta učionica (*flipped classroom*) mijenja mjesta predavanjima i strukturiranim grupnim i samostalnim aktivnostima
- Studenti temeljne nastavne materijale „konzumiraju” kod kuće
 - uobičajeno kroz video predavanja
 - samostalni dio učenja kod kuće, a interaktivni grupni na nastavnom satu
- Studenti tako uče učiti samostalno i kontrolirati dinamiku učenja
 - u vrijeme na nastavnom satu fokus je na kreativnim **primjenama** nastavnog materijala
- Po ispitivanjima, ovakva interaktivnost donosi prednosti u usvajanju novog nastavnog gradiva.
 - traži i angažman predavača i tijekom interaktivne nastave i tijekom pripreme materijala!

Interaktivno sučelje – Jupyter bilježnice

- Jupyter bilježnica je web aplikacija koja omogućava izradu interaktivnih dokumenata koji sadrže
 - kod
 - jednadžbe
 - vizualizacije
 - narativ u tekstualnim i slikovnim opisima
- Jupyter bilježnice vrlo su iskoristive u nastavnim metodama poput preokrenute učionice za visokoškolsku matematiku
- Postoje i kolegiji u cijelosti napravljeni kao slijed Jupyter bilježnica:
 - <https://openedx.seas.gwu.edu/courses/course-v1:MAE+MAE6286+2017/about>
 - <http://lorenabarba.com/blog/cfd-python-12-steps-to-navier-stokes/>

Jupyter bilježnica, što je to?

Jupyter bilježnice su HTML dokumenti koji sadrže

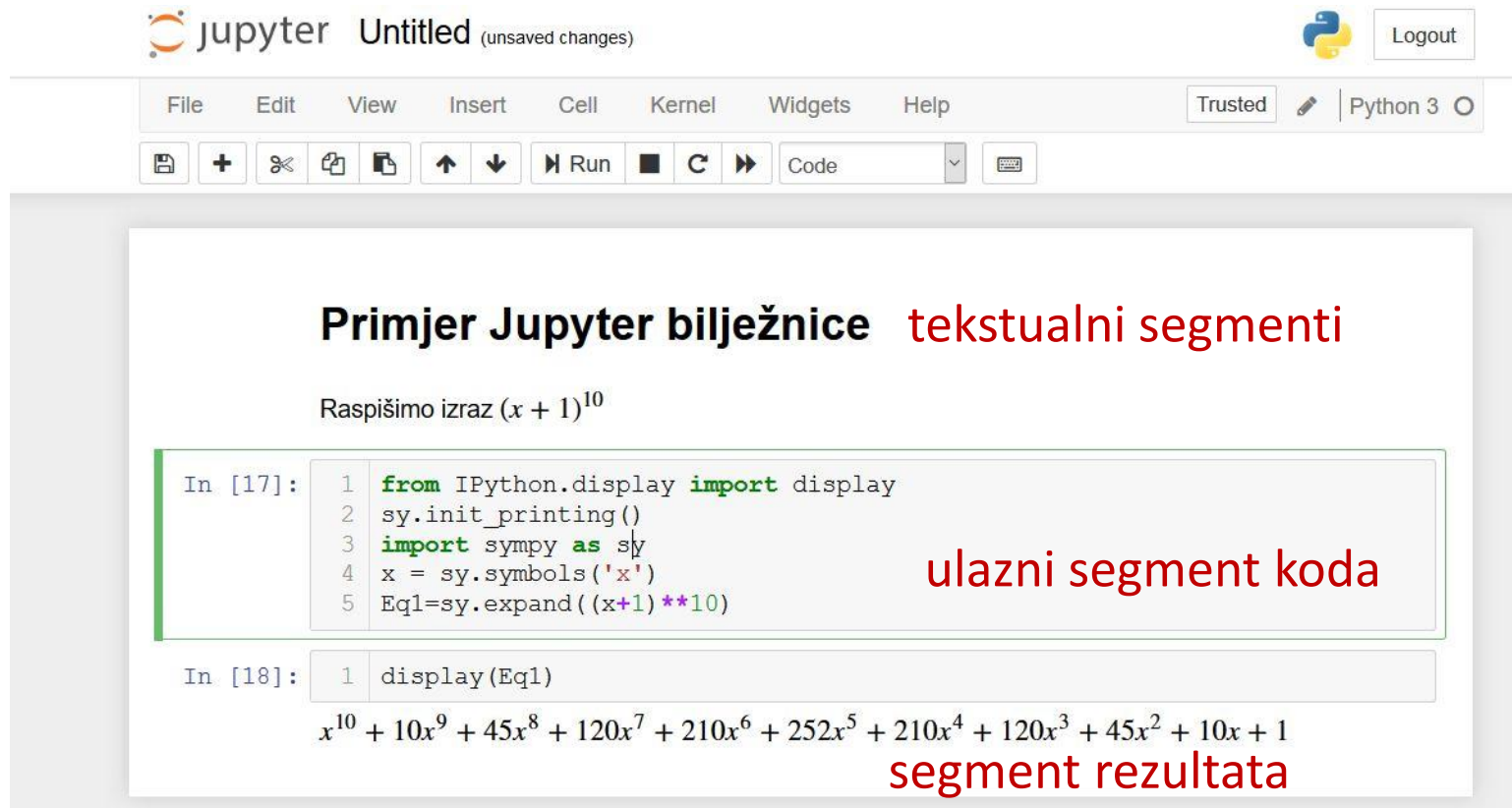
- Matematičke izraze (koristeći LaTeX)
- Tekst (Markdown), slike, poveznice
- Programski kod (Python ili drugi programski jezik)
- Slike i animacije

To su materijali koji

- mogu služiti za čitanje i usvajanje nastavnog gradiva,
- se mogu shvatiti i kao interaktivni dokumenti pomoću kojih numerički ili simbolički rješavamo određeni matematički problem,
- **interaktivno i fragmentirano** (dio po dio)

U cijelosti se temelje na slobodnom softveru!

Primjer Jupyter bilježnice



The screenshot shows a Jupyter Notebook interface. At the top, the title bar says "jupyter Untitled (unsaved changes)" with a Python logo and a "Logout" button. Below this is a menu bar with "File", "Edit", "View", "Insert", "Cell", "Kernel", "Widgets", and "Help". To the right of the menu bar are buttons for "Trusted", a pencil icon, and "Python 3". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, adding, deleting, copying, pasting, undo, redo, running, and a dropdown menu currently set to "Code".

The main content area contains two code cells. The first cell, labeled "In [17]:", contains the following Python code:

```
1 from IPython.display import display
2 sy.init_printing()
3 import sympy as sy
4 x = sy.symbols('x')
5 Eq1=sy.expand((x+1)**10)
```

To the right of this code cell is the red text label "ulazni segment koda".

The second cell, labeled "In [18]:", contains the following Python code:

```
1 display(Eq1)
```

Below this code is the output of the expression, which is the expanded polynomial:

$$x^{10} + 10x^9 + 45x^8 + 120x^7 + 210x^6 + 252x^5 + 210x^4 + 120x^3 + 45x^2 + 10x + 1$$

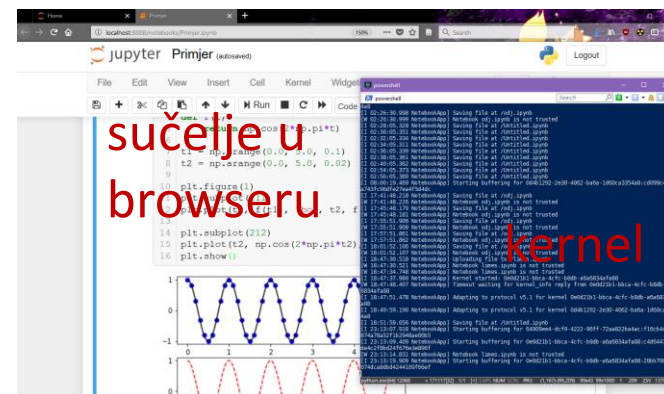
To the right of this output is the red text label "segment rezultata".

Što sve trebamo za Jupyter bilježnicu

Notebook je interaktivna HTML5 aplikacija koja poziva i izvršava kod u pozadini (na *kernelu*)

Preduvjeti za korištenje:

- **Web browser** za prikaz sučelja
- Jupyter **kernel**: pozadinska aplikacija
 - Lokalna ili na nekom drugom serveru
- Za **lokalnu** instalaciju postoje distribucije poput **Anaconda** za sve značajnije platforme
- Postoje i **mrežne cloud verzije** gdje uz browser treba samo korisnički račun
 - Kernel se tada izvršava u oblaku
- Za potrebe pregledavanja i dijeljenja rezultata postoji i **nbviewer** preglednik
 - Dovoljan je samo link za korištenje



Microsoft Azure Notebooks



S čime možemo usporediti Jupyter bilježnice?

<http://jupyter.org/>



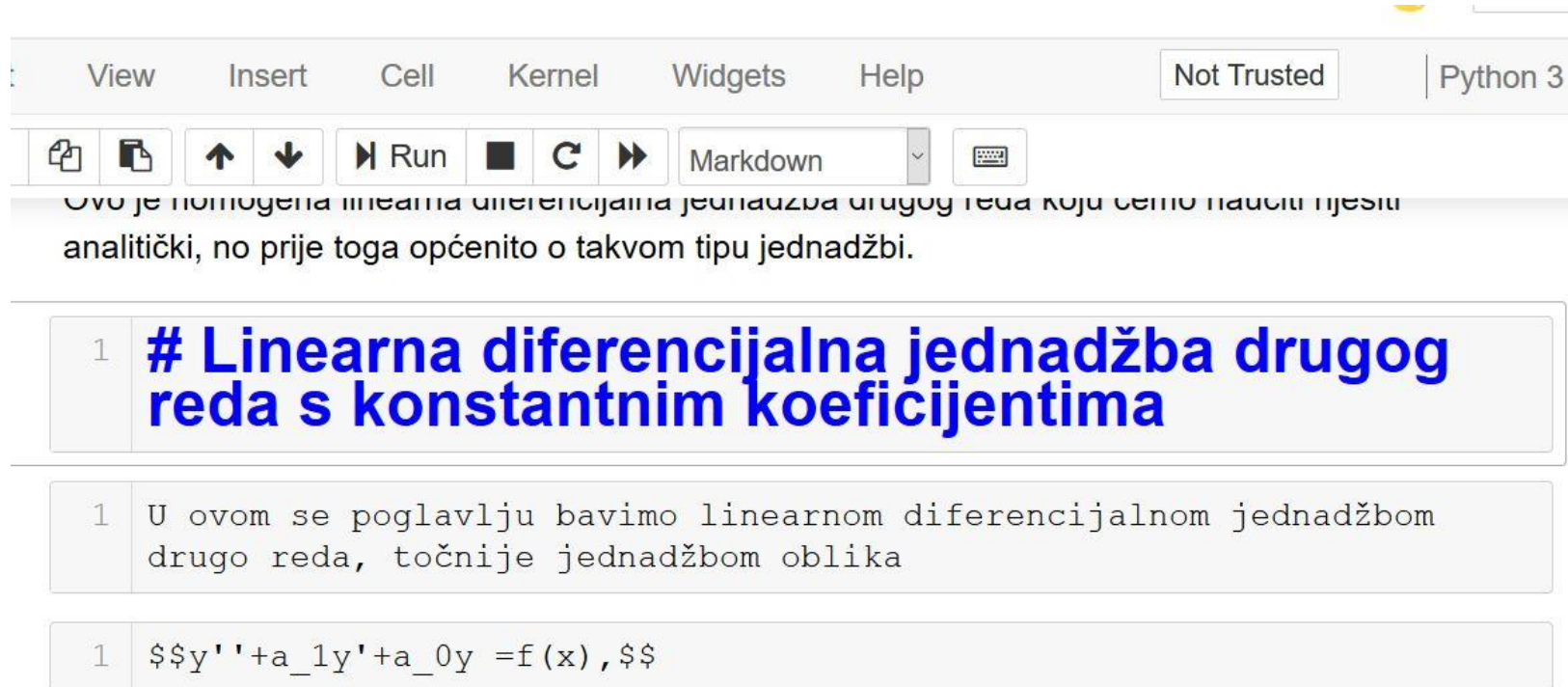
- Konceptualno slični: Mathematica, Maple
 - Sage worksheet je vrlo sličan Jupyter notebooku
 - Novije verzije Sage mogu koristiti Jupyter kao sučelje prema Sage kernelima
- Cijeli Jupyter je **besplatni software otvorenog koda**
 - Permisivna BSD licenca koja omogućava i komercijalnu primjenu
 - Jupyter je nastao razvojem projekta IPython notebook
 - Danas uz Python bilježnice podržavaju i druge programske jezike u kernelima
 - Julia, R, JavaScript, Haskell, SageMath
- Prednosti i mogućnosti primjene:
 - Interaktivna podloga za
 - Podržava 40-ak programskih jezika i široku domenu primjene
 - Kerneli se mogu pripremiti lokalno i kasnije izvršavati u oblaku
 - Replikabilna znanost: Reproducible Science i Jupyter bilježnice
 - Objava članaka praćena javnom objavom pratećih Jupyter bilježnica
 - Svatko može reproducirati objavljene rezultate

Zašto Python u ovom kontekstu?

- Python je jezik opće namjene koji se koristi u nastavi temeljnih računarskih kolegija
 - I na MIT-u je većina temeljnih računarskih kolegija koristi Python već desetak godina
 - Koristi se i u srednjim školama
 - Minimalni dodatni teret za savladavanje alata ostavlja više energije za *borbu* sa sadržajem
- Pythonov ekosustav vrlo je pogodan za primijenjenu matematiku
 - Biblioteke poput Numpy, Scipy, Sympy, Matplotlib, Pandas ...
 - Lako povezivanje i na druge C ili Fortran biblioteke
 - Velika i vrlo aktivna zajednica



Elementi teksta u Jupyter bilježnici (Markdown i LaTeX)



The screenshot shows a Jupyter Notebook interface. The top menu bar includes 'View', 'Insert', 'Cell', 'Kernel', 'Widgets', and 'Help'. A 'Not Trusted' warning is visible on the right. Below the menu is a toolbar with icons for copy, paste, undo, redo, run, and a dropdown menu currently set to 'Markdown'. The notebook content area displays three cells:

- Cell 1: A heading formatted with blue text and a hash symbol: **# Linearna diferencijalna jednađba drugog reda s konstantnim koeficijentima**
- Cell 2: A paragraph of text: U ovom se poglavlju bavimo linearnom diferencijalnom jednađbom drugo reda, točnije jednađbom oblika
- Cell 3: A mathematical equation formatted with LaTeX: $y'' + a_1 y' + a_0 y = f(x)$

Jednostavnije formatiranje teksta kroz Markdown + podrška za pisanje matematičkih izraza u LaTeX-u

Elementi teksta u Jupyter bilježnici (Markdown i LaTeX)



Linearna diferencijalna jednačba drugog reda s konstantnim koeficijentima

U ovom se poglavlju bavimo linearnom diferencijalnom jednačbom drugo reda, točnije jednačbom oblika

$$y'' + a_1y' + a_0y = f(x),$$

Uključivanje slika, poveznica, videa...

Jupyter bilježnica je multimedijalno okruženje: kroz Markdown jednostavno se mogu uključiti

- Slike
 - (npr. `![slika1](njihalo.gif "Slika1")`)
- Vanjske poveznice
 - (npr. `[ode](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.ode.html)`)
- Video materijale (primjerice s Youtubea)

```
In [1]: 1 from IPython.lib.display import YouTubeVideo
        2 vid = YouTubeVideo("opruga123")
        3 display(vid)
```

Biblioteke SymPy, NumPy, SciPy



- **SymPy**: biblioteka za simboličku matematiku
 - Cilj joj je postati puni CAS
 - Za probu: **live.sympy.org** – online shell



- **NumPy**: osnovni paket za znanstveno računarstvo u Python
 - Podrška za homogene višedimenzionalne matrice
 - Numerička linearna algebra, Fourierove transformacije...

- **SciPy**: glavni paket u Pythonovom „ekosustavu” za matematiku
 - Veliki niz algoritama kao nadgradnja na osnovni Numpy

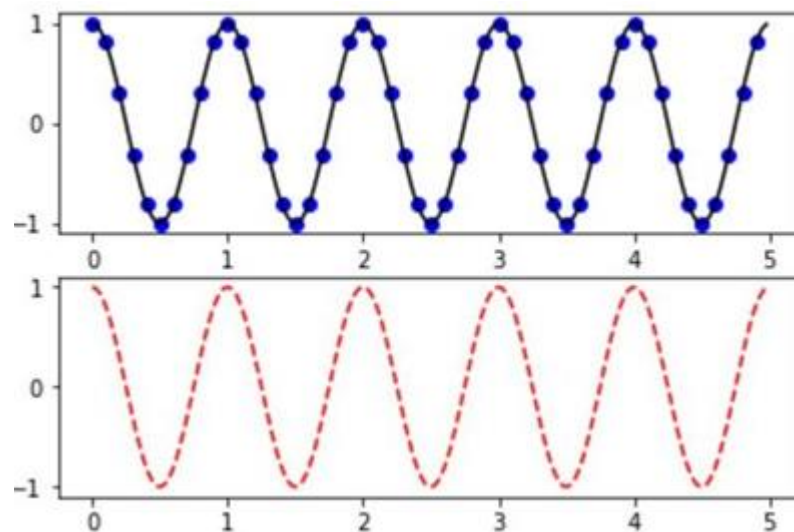


Biblioteka Matplotlib



Python 2D biblioteka za crtanje grafova.

```
In [20]: 1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 def f(t):
5     return np.cos(2*np.pi*t)
6
7 t1 = np.arange(0.0, 5.0, 0.1)
8 t2 = np.arange(0.0, 5.0, 0.02)
9
10 plt.figure(1)
11 plt.subplot(211)
12 plt.plot(t1, f(t1), 'bo', t2, f(t2), 'k')
13
14 plt.subplot(212)
15 plt.plot(t2, np.cos(2*np.pi*t2), 'r--')
16 plt.show()
```



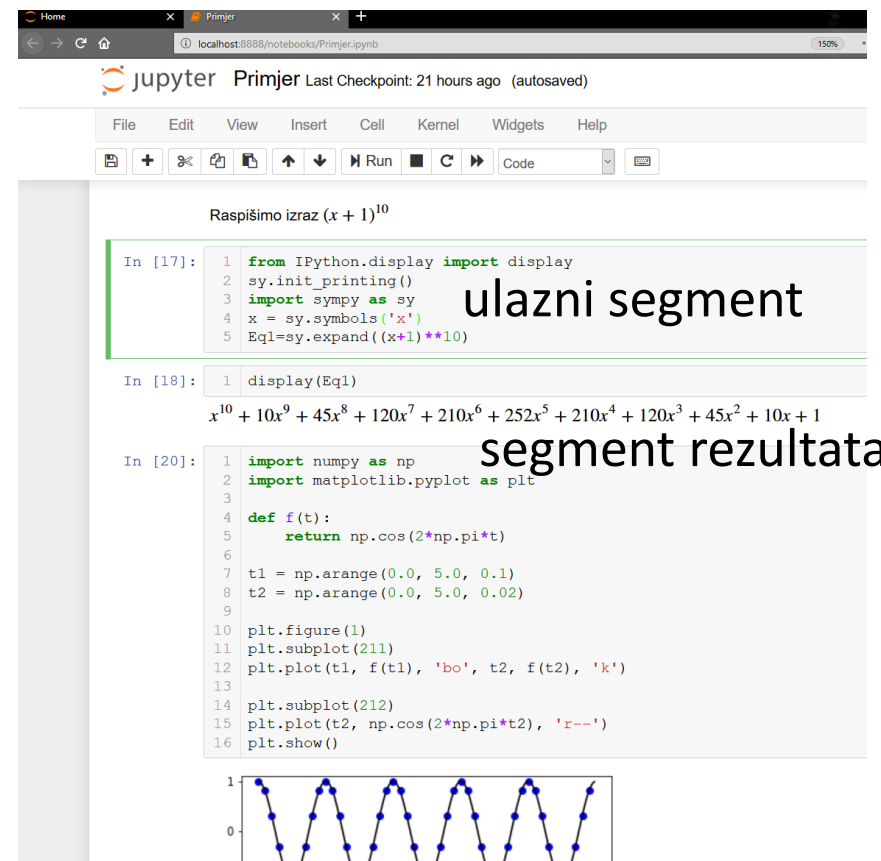
Podržava crtanje funkcija, histograme, spektralne grafove, scatter plotove...

Widgeti

- Proširivi elementi za front-end sučelje Jupyter bilježnica
 - Zasnovani na JavaScriptu ali iskoristivi kroz jezik kernela
- Dodaju interaktivnu funkcionalnost bilježnicama
 - Karte
 - Kvizovi
 - Tablice
 - Interaktivna 3D vizualizacija...

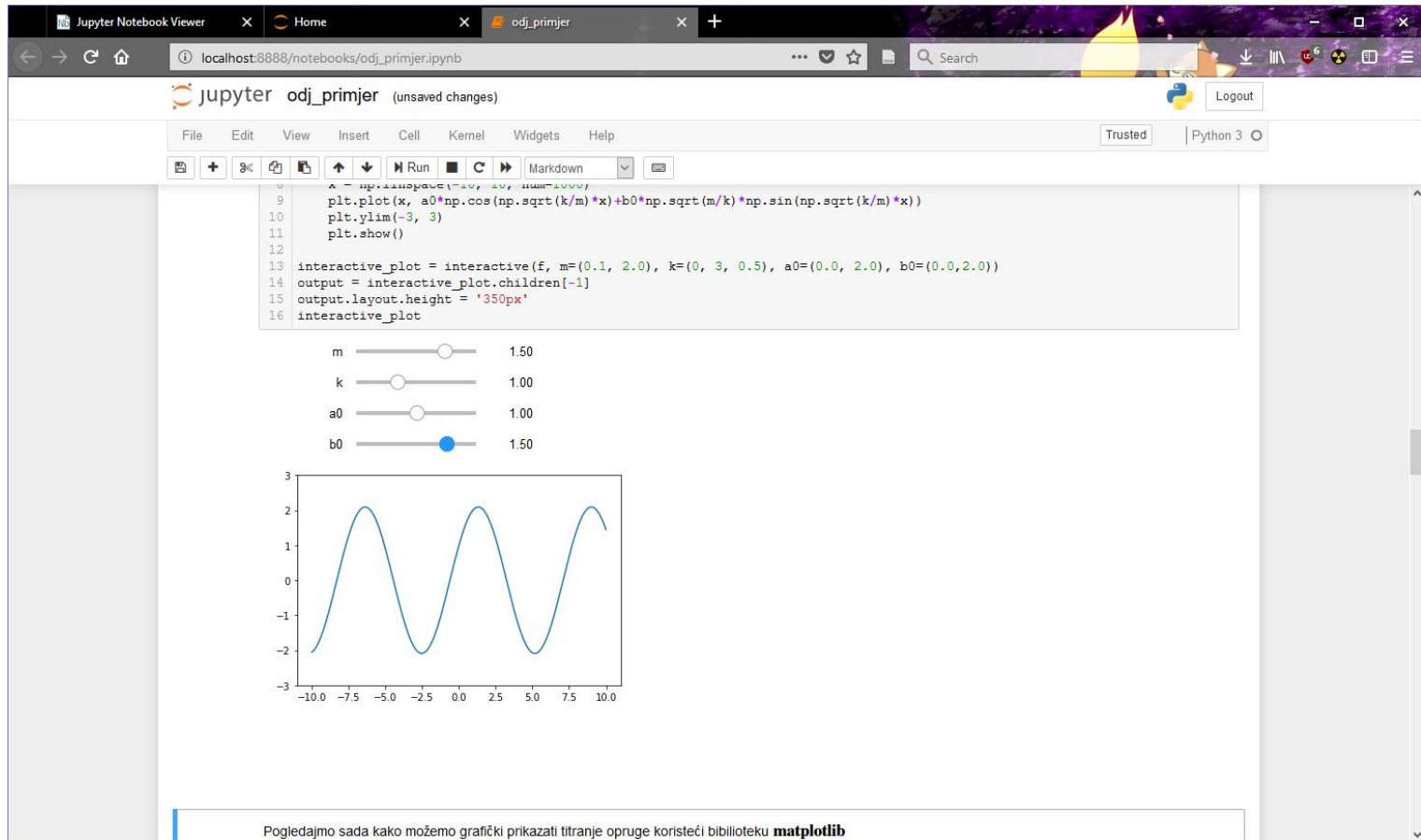
Zašto je Jupyter bilježnica interaktivni nastavni materijal

- Dijelovi koda izvršavaju se po nalogu korisnika
 - Svaki ulazni segment (ćelija) u Jupyter notebooku izvršava se na nalog korisnika i daje rezultat
- Dijelovi *rezultata* koda također mogu biti interaktivni
 - Primjer: parametarski plot funkcije kojemu se mijenjaju parametri
 - Interaktivne animacije
 - Usporedba studentskog rješenja s točnim rješenjem
 - ...



Primjer Jupyter bilježnice

<https://nbviewer.jupyter.org/github/anazga/kongres/blob/master/odj.ipynb>



Zaključak

- Jupyter bilježnice: izvrstan i široko primjenjiv **besplatan** alat
 - Mogu biti korisne i u inženjerskoj i u znanstvenoj praksi
- Uz potporu Python ekosustava, može ih se dobro iskoristiti za interaktivnu nastavu
 - Posebno u nastavi primijenjene matematike i šire (statistika, strojno učenje...)
 - ... no primjenjive su i u temeljnim matematičkim kolegijima
 - Simbolička matematika kroz SymPy
 - Integriranje, deriviranje, crtanje grafova, vizualizacija temeljnih koncepata poput limesa i ekstrema ...
- Ipak – kao i svaki materijal, traže angažman za pripremu i održavanje...



Spa

F#

Hvala na pažnji!

ana.zgaljic@fer.hr