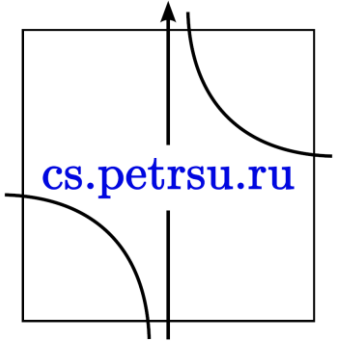
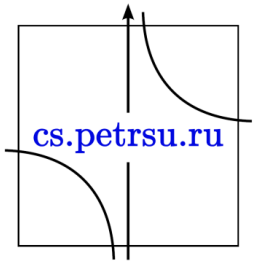


Визуальное представление математических объектов

Python

Глава №4

- Matplotlib
- Plotly
- Manim

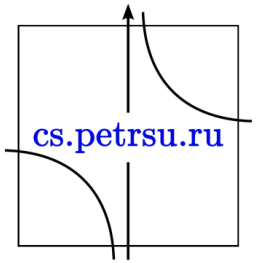


Matplotlib

- Matplotlib — библиотека на языке программирования Python для визуализации данных двумерной графикой (3D графика также поддерживается).

Пакет поддерживает многие виды графиков и диаграмм:

- Графики (line plot)
- Диаграммы разброса (scatter plot)
- Столбчатые диаграммы (bar chart) и гистограммы (histogram)
- Круговые диаграммы (pie chart)
- Ствол-лист диаграммы (stem plot)
- Контурные графики (contour plot)
- Поля градиентов (quiver)
- Спектральные диаграммы (spectrogram)



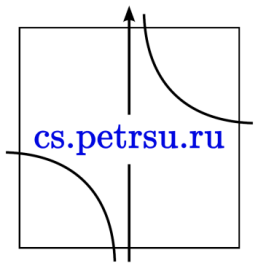
- Несложные трёхмерные графики можно строить с помощью mplot3d.
- Можно создавать простые анимации.

- Уставнока:

  pip install matplotlib

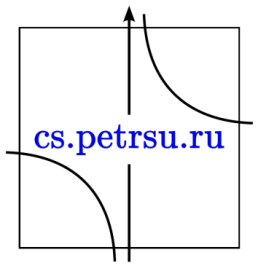
- Импорт

  import matplotlib.pyplot as plt



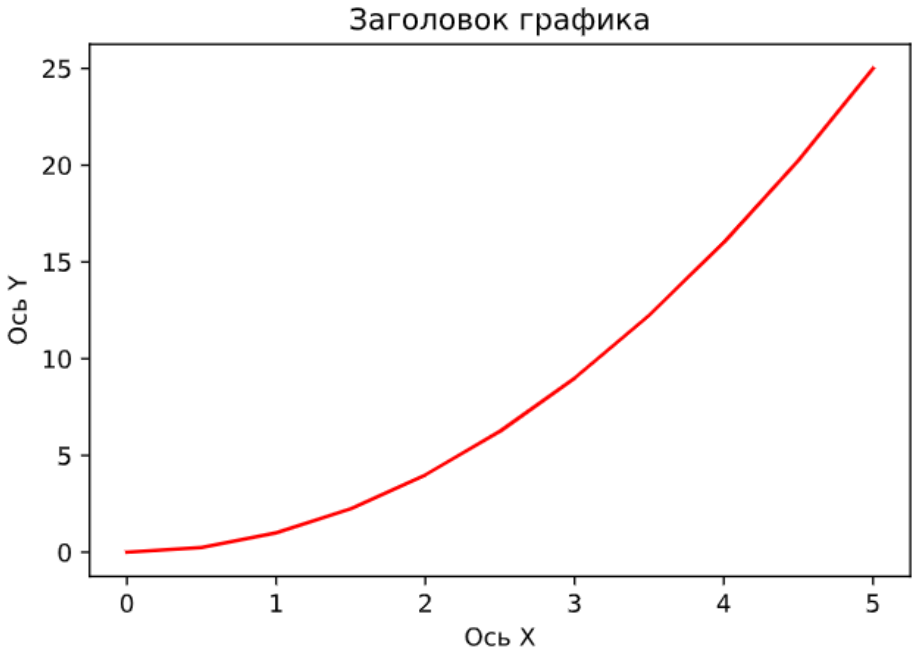
- matplotlib может строить графики из обычных списков или массивов:

```
import numpy as np
x = np.linspace(0, 5, 11)
y = x**2
```



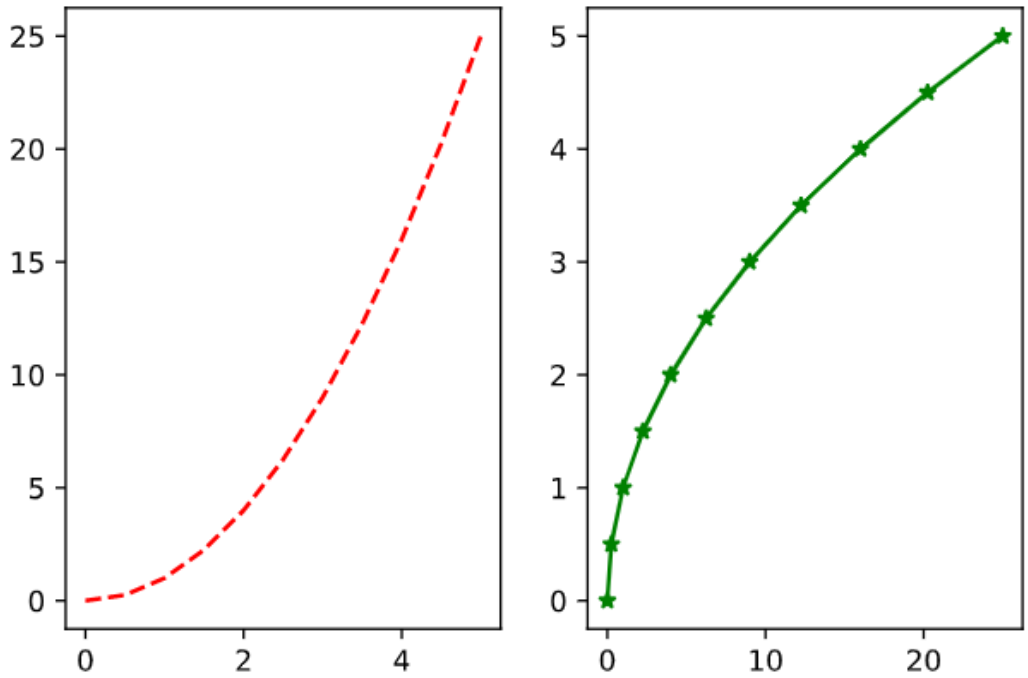
Базовые команды

```
plt.plot(x, y, 'r') # r - значит red
plt.xlabel('Ось X')
plt.ylabel('Ось Y')
plt.title('Заголовок графика')
plt.show();
```



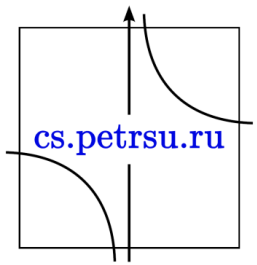
Несколько графиков на одном рисунке

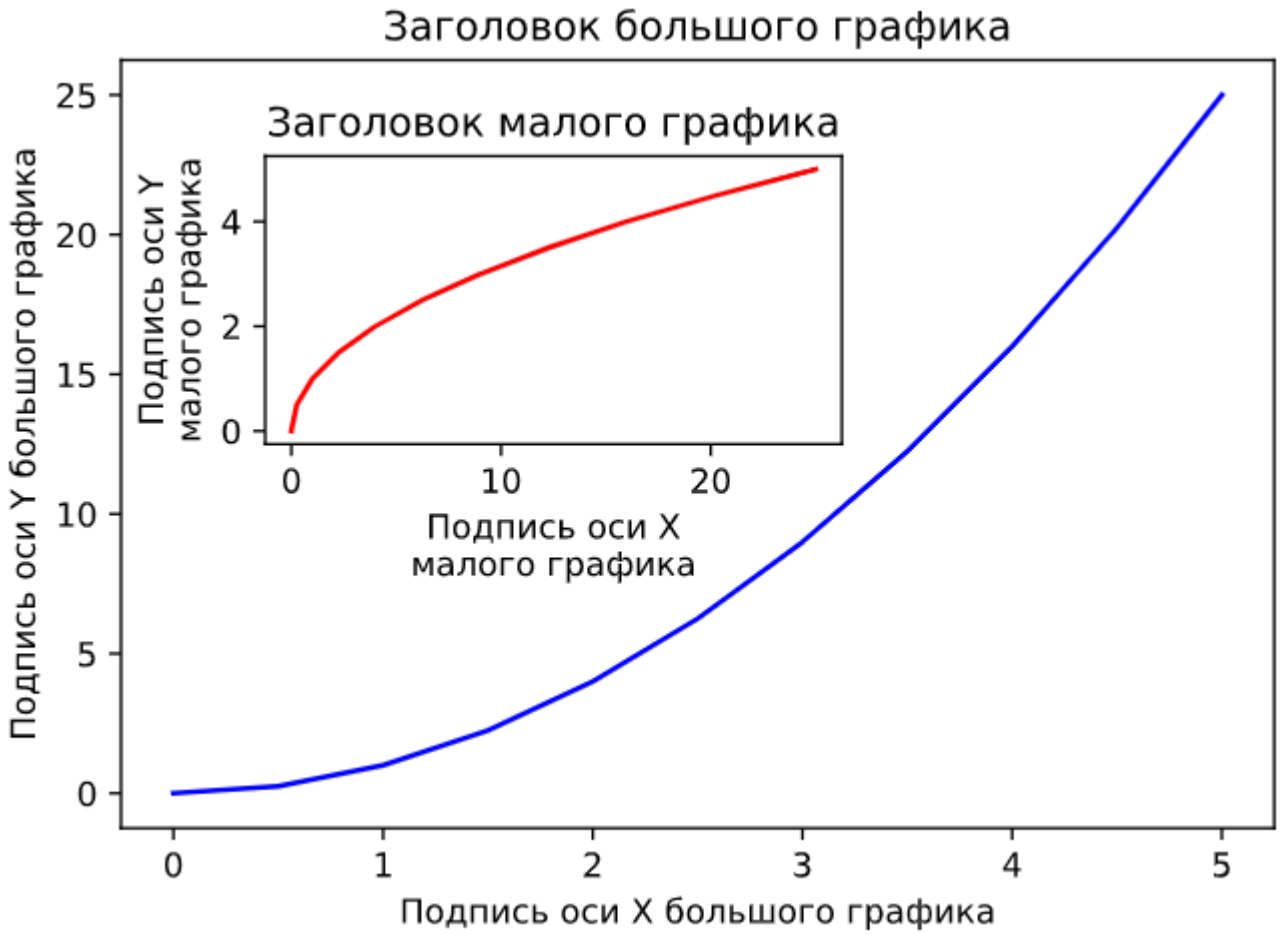
- plt.subplot(1, 2, 1)
- plt.plot(x, y, 'r--')
- plt.subplot(1, 2, 2)
- plt.plot(y, x, 'g*-');



Объектно-ориентированный стиль

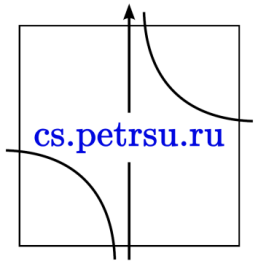
```
# Создадим пустое полотно
figure = plt.figure()

# Оси задаются через список из 4-х чисел:
# координаты левого нижнего угла, ширина и высота.
axes1 = figure.add_axes([0.1, 0.1, 0.8, 0.8])
axes2 = figure.add_axes([0.2, 0.5, 0.4, 0.3])

axes1.plot(x, y, 'b')
axes1.set_xlabel('Подпись оси X большого графика')
axes1.set_ylabel('Подпись оси Y большого графика')
axes1.set_title('Заголовок большого графика')

axes2.plot(y, x, 'r')
axes2.set_xlabel('Подпись оси X\nмалого графика')
axes2.set_ylabel('Подпись оси Y\nмалого графика')
axes2.set_title('Заголовок малого графика');
```




Заголовок большого графика
Заголовок малого графика
Подпись оси Y малого графика
Подпись оси X малого графика
Подпись оси Y большого графика
Подпись оси X большого графика
0
5
10
15
20
25
0
1
2
3
4
5
0
2
4
0
10
20

Создание нескольких графиков subplots()

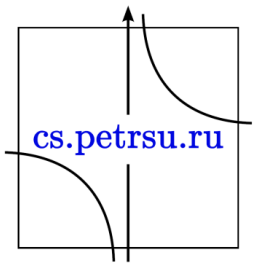
```
# Возвращает кортеж с фигурой и осями
# Пример создания двух пустых графиков
fig, axes = plt.subplots(nrows=1, ncols=2)


# При построении несколько графиков оси
# часто накладываются друг на друга. Для
# устранения этой проблемы используйте
plt.tight_layout()
```



Сохранение графиков

- Можно сохранять графики в форматах PNG, JPG, EPS, SVG, PGF и PDF.
- Для сохранения графика надо использовать метод savefig класса Figure.

```
fig.savefig("filename.png", dpi=200)
```



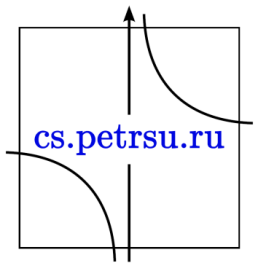
Легенды, подписи осей, заголовки

- Заголовки графиков (с поддержкой TeX-разметки)

```
ax.set_title("Заголовок");
ax.set_title('Plot: $y=x^2$')
```

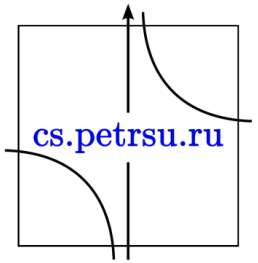
- Подписи осей

```
ax.set_xlabel("x")
ax.set_ylabel("y");
```



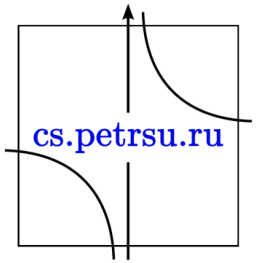
- Легенды - при построении графиков можно указывать аргумент label="label text", указанные в нем подписи будут отображаться как подписи легенд при использовании метода legend:

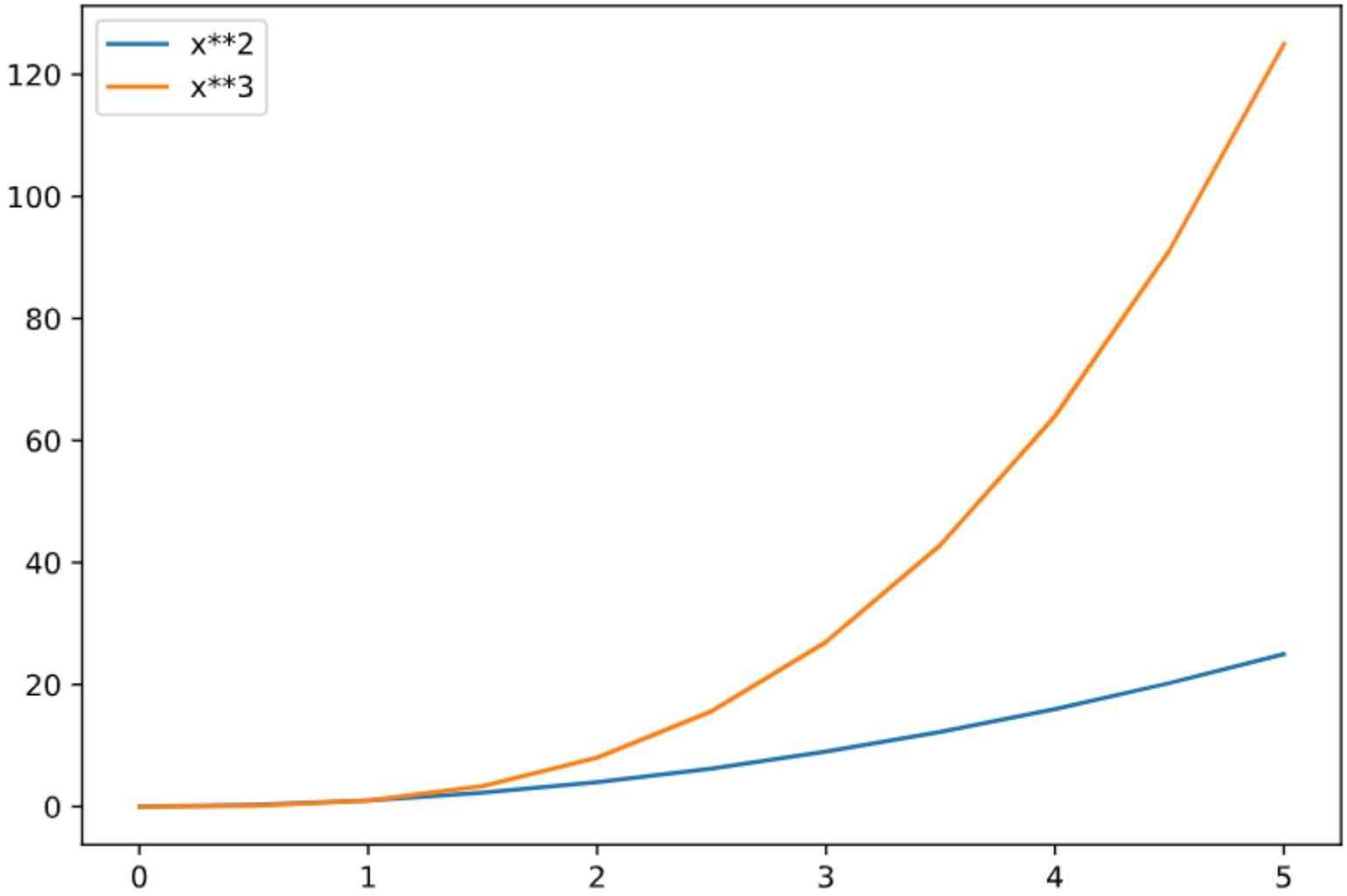
```
fig = plt.figure()
ax = fig.add_axes([0,0,1,1])
ax.plot(x, x**2, label="x**2")
ax.plot(x, x**3, label="x**3")
ax.legend();
```



- Управление расположением легенды:

```
ax.legend(loc=1) # верх право
ax.legend(loc=2) # верх лево
ax.legend(loc=3) # низ лево
ax.legend(loc=4) # низ право
ax.legend(loc=0) # оптимальное местоположение
```





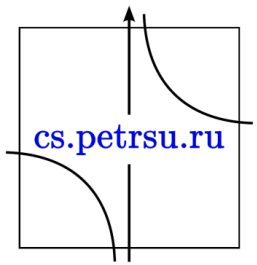
Установка цвета, толщины и типа линий

- Стиль MatLab

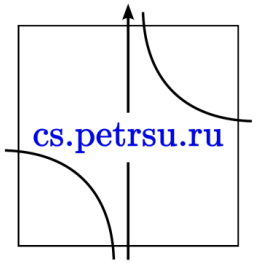
```
ax.plot(x, x**2, 'b.-') # Синяя линяя, точка пунктир
ax.plot(x, x**3, 'g--'); # Зелёна пунктирная линия
```

- Указание цветов в параметре color= и alpha

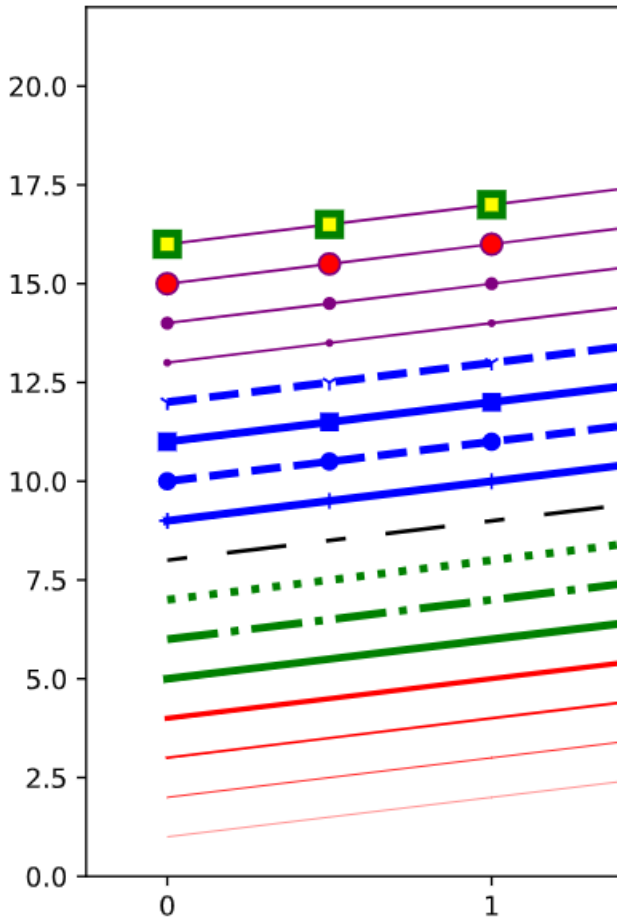
```
ax.plot(x, x+1, color="blue", alpha=0.5) # Полупрозрачная линия
ax.plot(x, x+2, color="#8B008B")         # RGB
ax.plot(x, x+3, color="#FF8C00")         # RGB
```



- **Стили линии и маркеров**
  - толщина линии - linewidth или lw
  - стиль линии - linestyle или ls

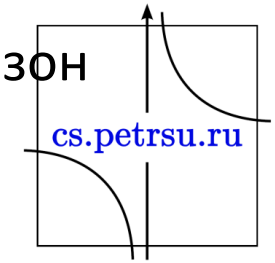


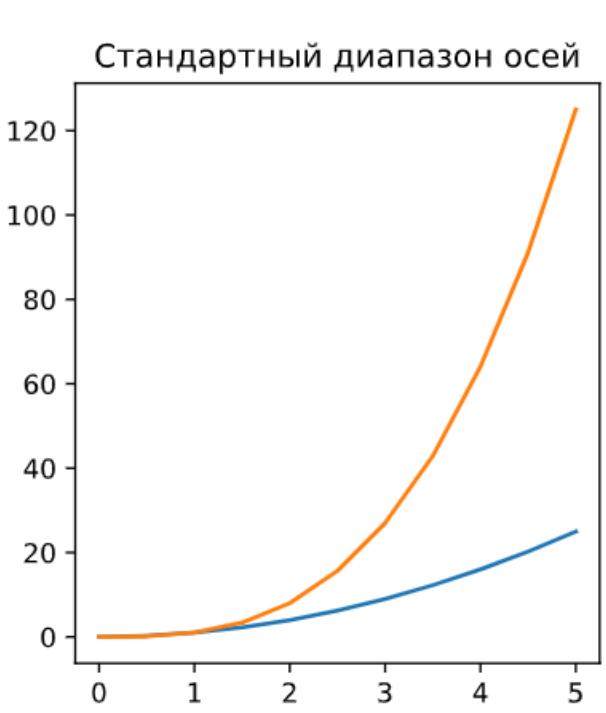
```
ax.plot(x, x+1, color="red", linewidth=0.25)
ax.plot(x, x+2, color="red", linewidth=0.50)
ax.plot(x, x+3, color="red", linewidth=1.00)
ax.plot(x, x+4, color="red", linewidth=2.00)

# Возможные варианты ‘-‘, ‘–’, ‘-.’, ‘:’, ‘steps’
ax.plot(x, x+5, color="green", lw=3, linestyle='-')
ax.plot(x, x+6, color="green", lw=3, ls='-.')
ax.plot(x, x+7, color="green", lw=3, ls=':')

# Кастомная пунктирная линия
line, = ax.plot(x, x+8, color="black", lw=1.50)
line.set_dashes([5, 10, 15, 10]) # формат: длина линия, длина пропуска

# Возможные маркеры: marker = '+', 'o', '*', 's', ',', '.', '1', '2', '3', '4', ...
ax.plot(x, x+ 9, color="blue", lw=3, ls='-', marker='+')
ax.plot(x, x+10, color="blue", lw=3, ls='--', marker='o')
ax.plot(x, x+11, color="blue", lw=3, ls='-', marker='s')
ax.plot(x, x+12, color="blue", lw=3, ls='--', marker='1')

# Размер и цвет маркеров
ax.plot(x, x+13, color="purple", lw=1, ls='-', marker='o', markersize=2)
ax.plot(x, x+14, color="purple", lw=1, ls='-', marker='o', markersize=4)
ax.plot(x, x+15, color="purple", lw=1, ls='-', marker='o', markersize=8, markerfacecolor="red")
ax.plot(x, x+16, color="purple", lw=1, ls='-', marker='s', markersize=8,
      markerfacecolor="yellow", markeredgewidth=3, markeredgecolor="green");
```

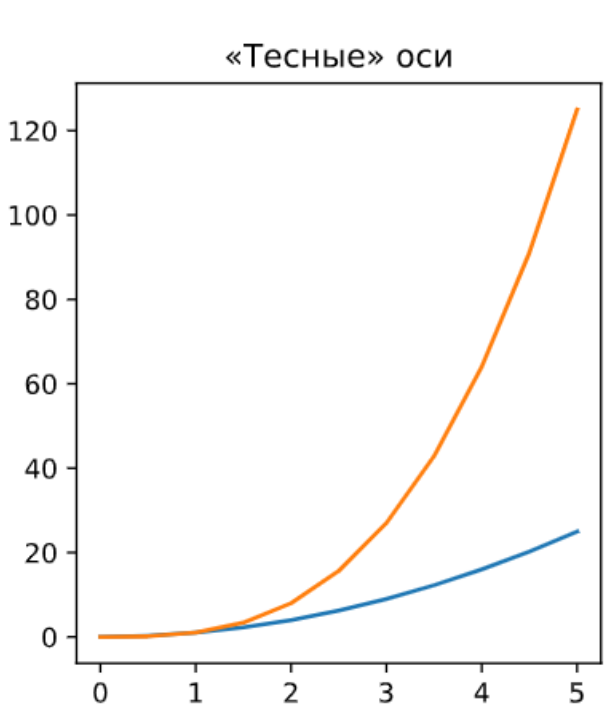


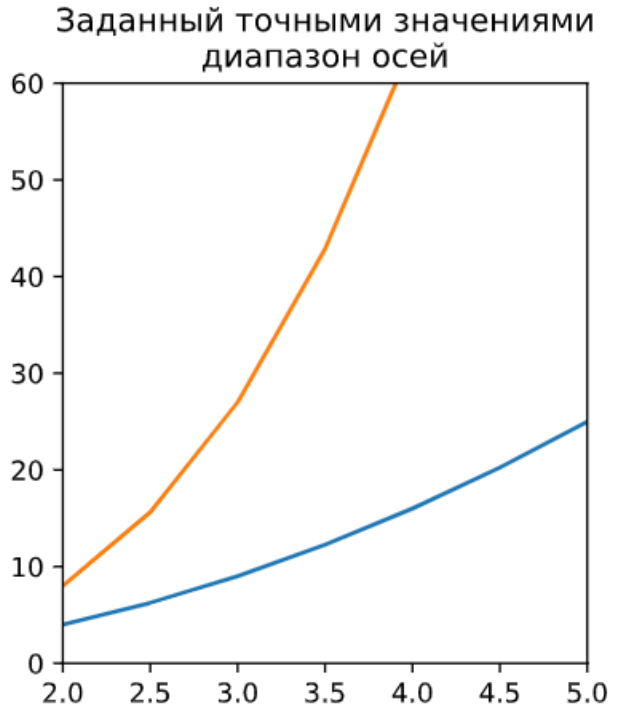
Диапазон значений графика - методы set_ylim, set_xlim и axis(['off'|'equal'|'scaled'|'tight'|'image'|'auto'|'normal'|'square']):

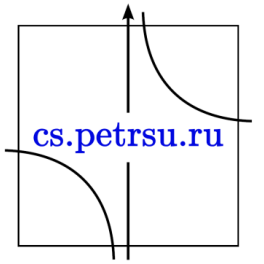
```
fig, axes = plt.subplots(1, 3, figsize=(12, 4))
axes[0].plot(x, x**2, x, x**3)
axes[0].set_title("Стандартный диапазон осей")

axes[1].plot(x, x**2, x, x**3)
axes[1].axis('tight')
axes[1].set_title("«Тесные» оси")

axes[2].plot(x, x**2, x, x**3)
axes[2].set_ylim([0, 60])
axes[2].set_xlim([2, 5])
axes[2].set_title("Заданный точными значениями\nдиапазон осей");
```




Стандартный диапазон осей
120
100
80
60
40
20
0
0
1
2
3
4
5

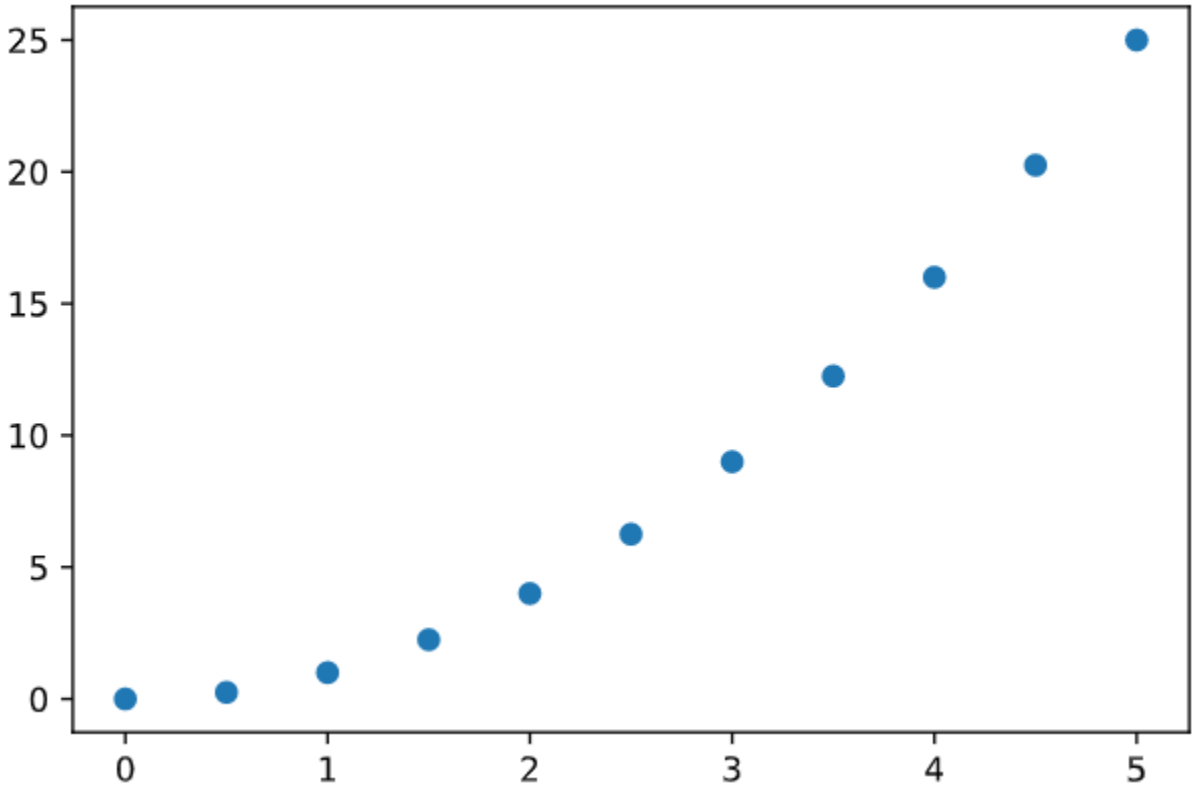

«Тесные» оси
120
100
80
60
40
20
0
0
1
2
3
4
5


Заданный точными значениями
диапазон осей
60
50
40
30
20
10
0
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0

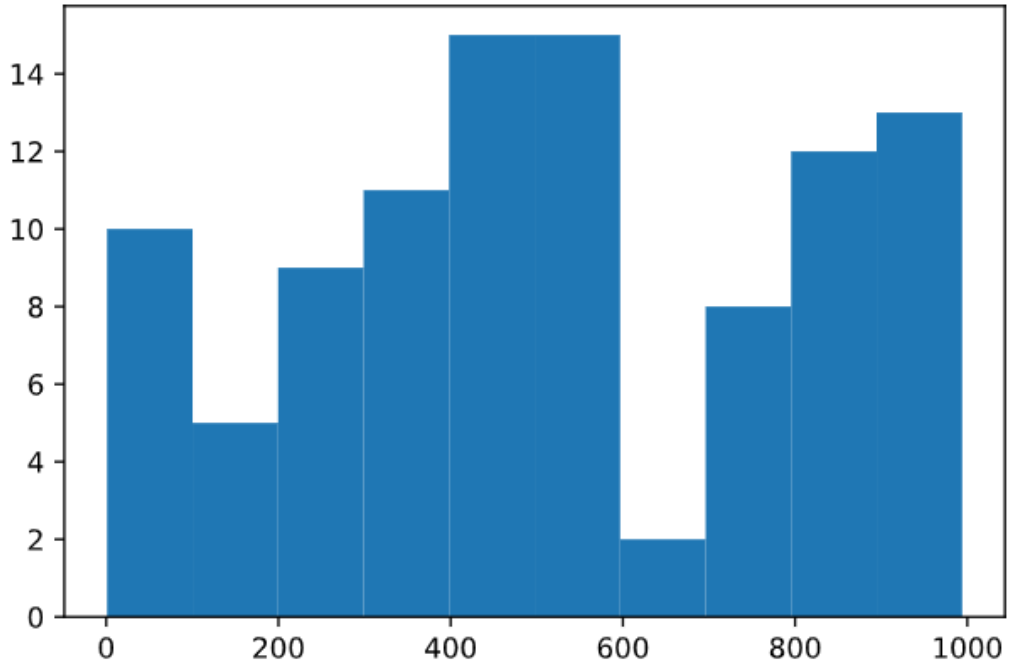

cs.petrsu.ru

Другие типы графиков

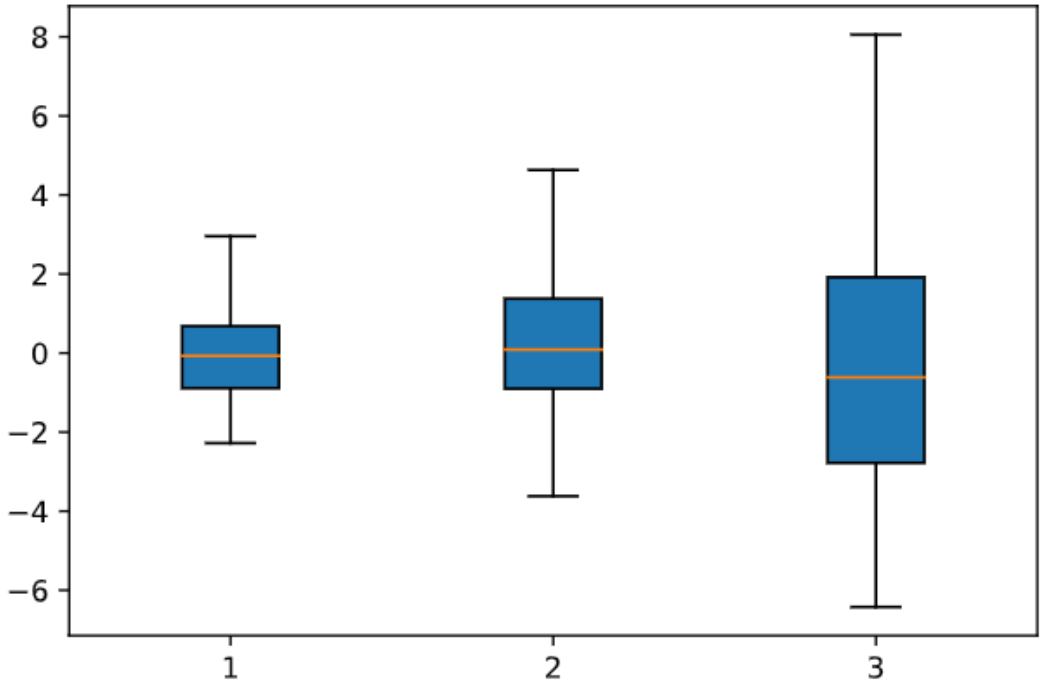
plt.scatter(x,y)

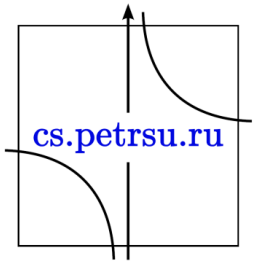


```
from random import
sample data = sample(range(1, 1000), 100)
plt.hist(data);
```

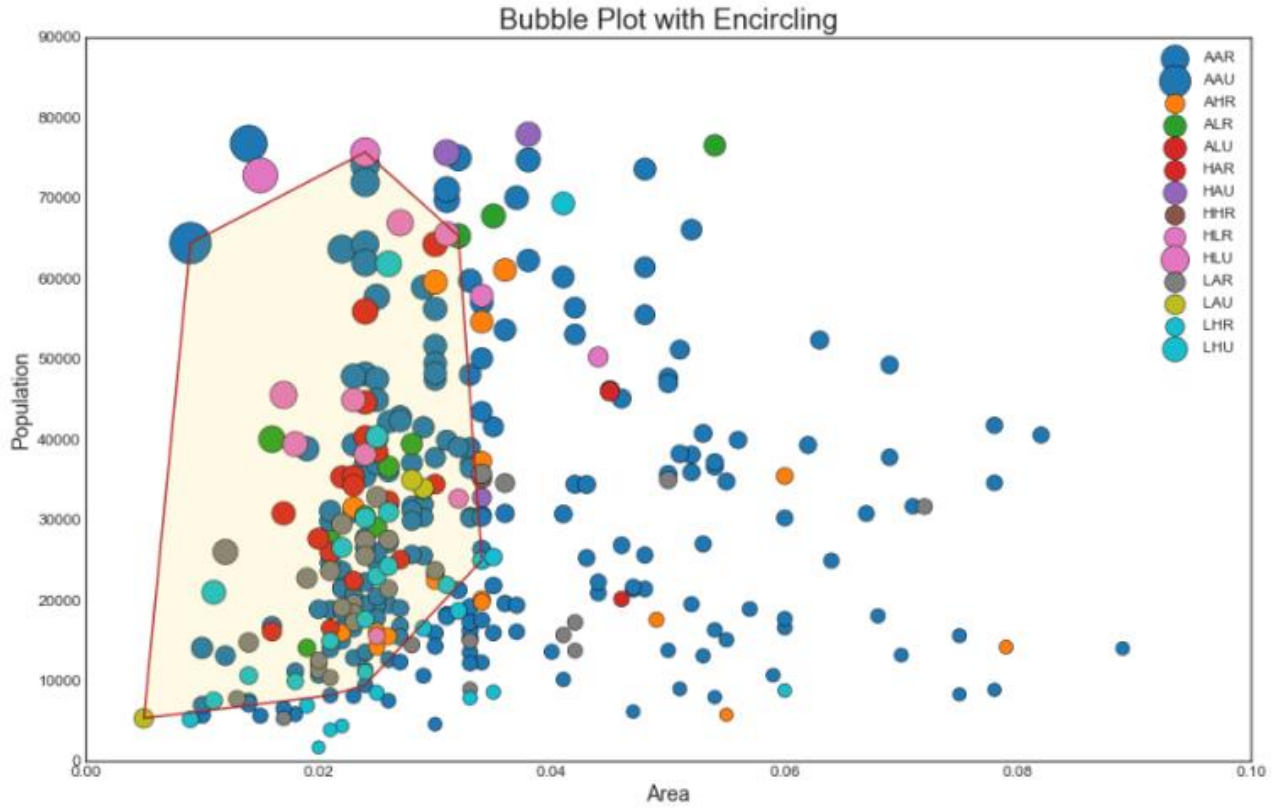


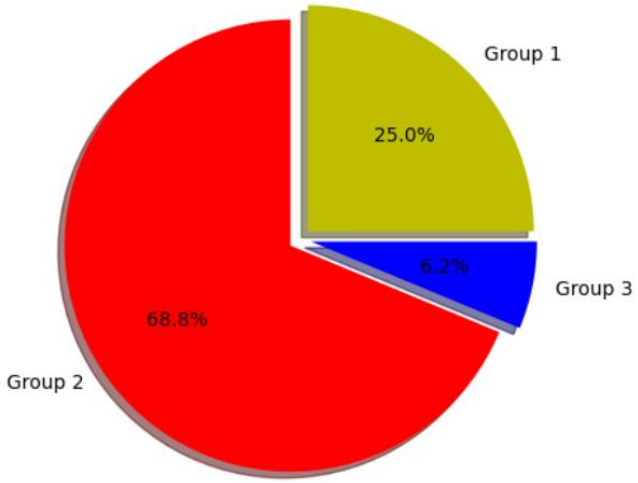
```
data = [np.random.normal(0, std, 100) for std in range(1, 4)]
# rectangular box plot
plt.boxplot(data,vert=True,patch_artist=True);
```





- Пузырьковая диаграмма – метод encircle()

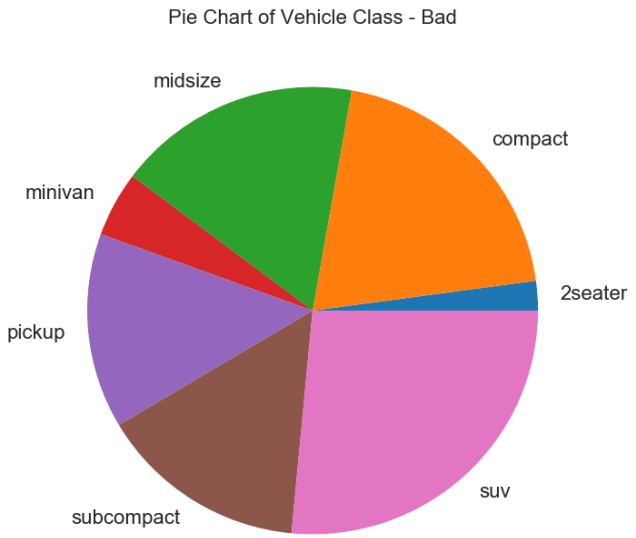





```
import matplotlib.pyplot as plt

types = 'Group 1', 'Group 2', 'Group 3'
types_data = [8,22,2]
colors = ['y','r','b']

plt.pie(types_data, labels = types, colors=colors ,shadow =
True, explode = (0.05, 0.05, 0.05), autopct = '%1.1f%%')
plt.axis('equal')

plt.show()
```

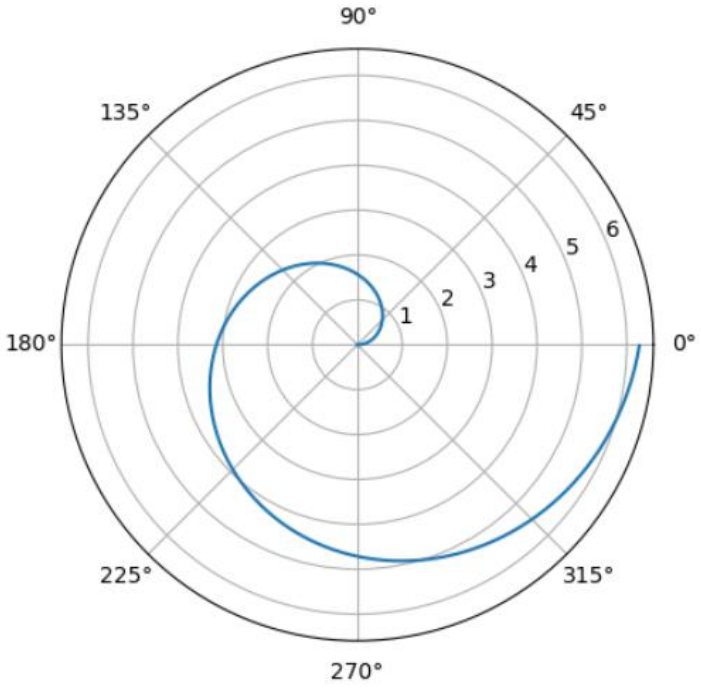
- Круговая диаграмма

```
# Import
df_raw = pd.read_csv("https://github.com/selva86/datasets/raw/master/
                                                    mpg_ggplot2.csv")


# Prepare Data
df = df_raw.groupby('class').size()

# Make the plot with pandas
df.plot(kind='pie', subplots=True, figsize=(8, 8), dpi= 80)
plt.title("Pie Chart of Vehicle Class - Bad")
plt.ylabel("")
plt.show()
```



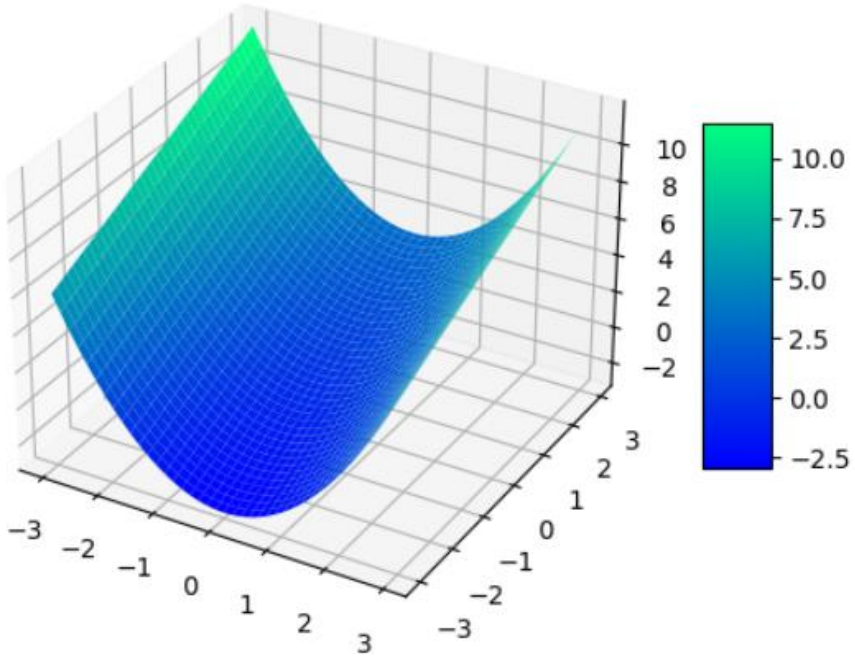
- Полярные координаты:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

t = np.arange(0,2*np.pi, 0.02)
plt.polar(t, t)

plt.show()
```

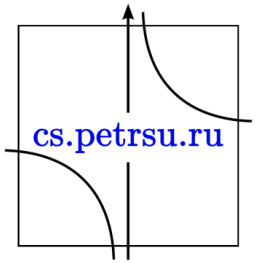


- Поверхности:

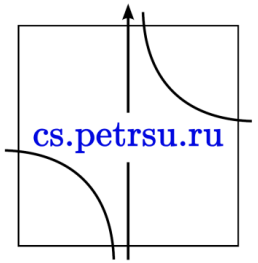
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

def fun(x, y):
    return x**2 + y

fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(projection='3d')
x = y = np.arange(-3.0, 3.0, 0.05)
X, Y = np.meshgrid(x, y)
zs = np.array(fun(np.ravel(X), np.ravel(Y)))
Z = zs.reshape(X.shape)

surf = ax.plot_surface(X, Y, Z, cmap='winter')

fig.colorbar(surf, shrink=0.5, aspect=5)

plt.show()
```



- Подробнее в документации: https://matplotlib.org/2.0.2/users/index.html
- Примеры от разработчиков: https://matplotlib.org/2.0.2/examples/index.html
- Описание диаграмм на хабре: https://habr.com/ru/post/468295/

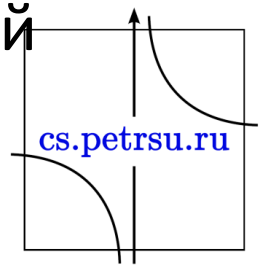


- Настроить на своей машине.
- Использовать сервер kappa / рабочие станции в комп.классах (guix).
- Online сервисы:
  - https://colab.research.google.com/
  - https://www.tutorialspoint.com/execute_matplotlib_online.php
  - https://www.codabrainy.com/en/python-compiler/
  - Другие ….



Plotly

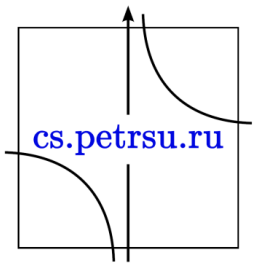
- бесплатная библиотека
  - но можно использовать в коммерческих целях
- работает offline
- позволяет строить интерактивные визуализации
  - можно изучать данные «на лету» (не надо перестраивать график в matplotlib, изменять масштаб, включать/выключать какие-то данные)
  - можно построить полноценный интерактивный отчёт



- Установка:
  pip install plotly
  + зависимости Pandas и Numpy

- Вначале работы необходимо импортировать:
  import plotly
  import plotly.graph_objs as go
  import plotly.express as px
  from plotly.subplots import make_subplots

  import numpy as np
  import pandas as pd



Линейный график

- Рассмотрим построение простого графика по точкам:

$$f(x)=x^2$$

- Вариант 1:
  - Создать график с помощью функции scatter из подмодуля plotly.express (передавая 2 списка точек: координаты X и Y)
  - Показать его с помощью метода show()

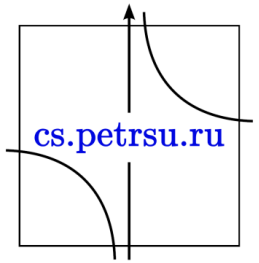
    п.с.: график интерактивный, если навести на него курсор, то можно его приближать и удалять, выделять участки, по наведению курсора на точку получать подробную информацию, возвращать картинку в исходное положение, сохранять как файл (все это реализуется на js в браузере).

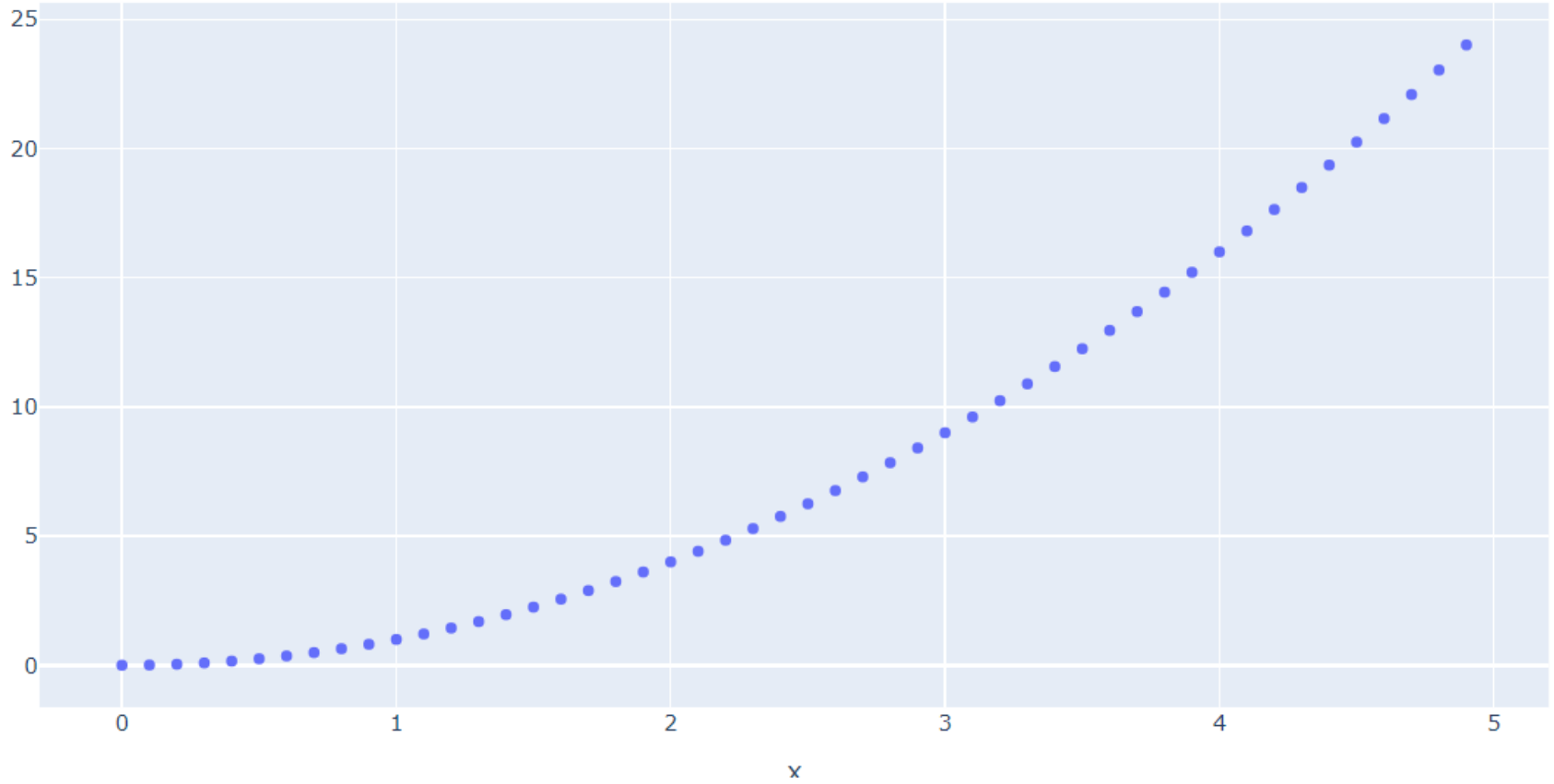
- Код для создания графика:

```
x = np.arange(0, 5, 0.1)
def f(x):
    return x**2

px.scatter(x=x, y=f(x)).show()
```

- Но лучше так:

```
figure = px.scatter(x=x, y=f(x))
figure.show()
```

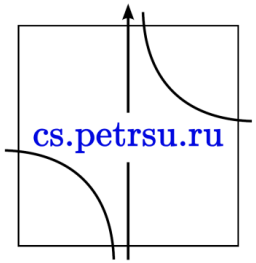


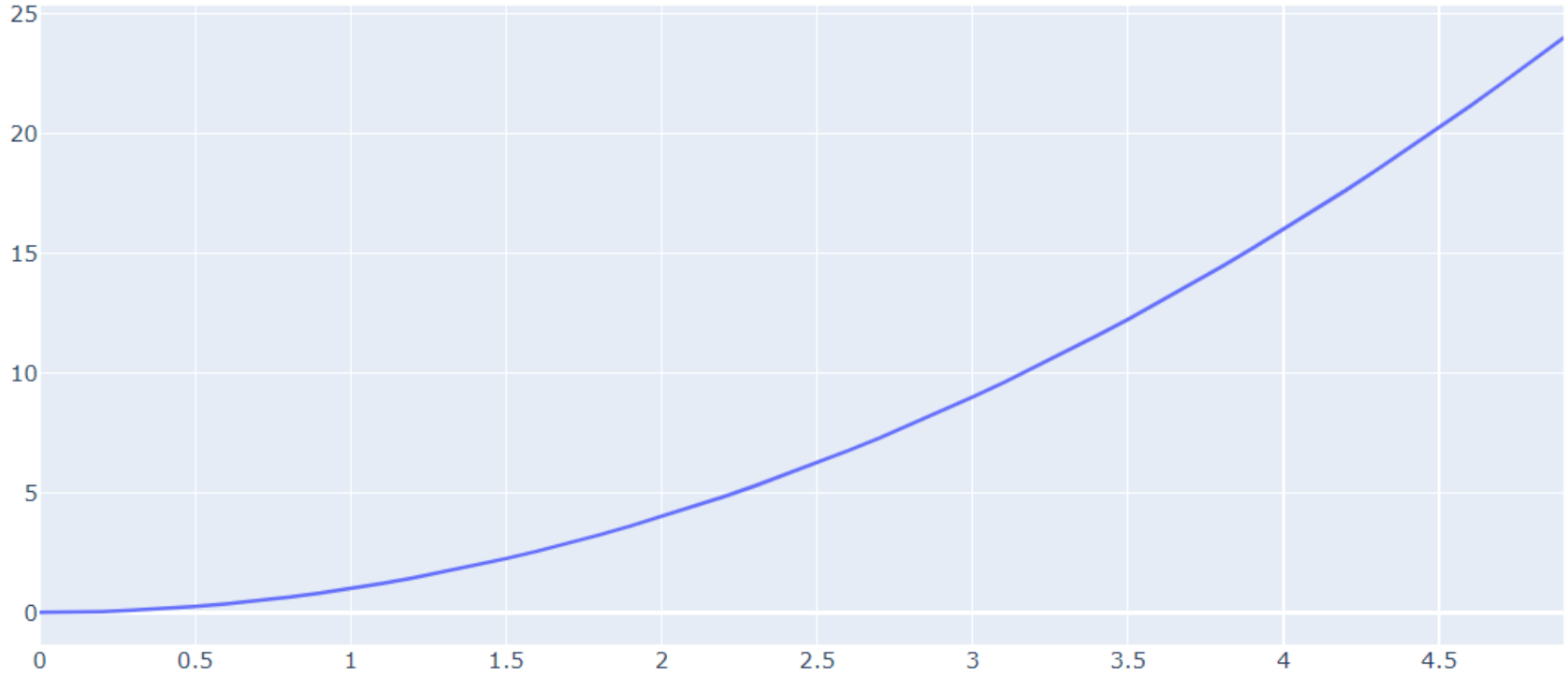


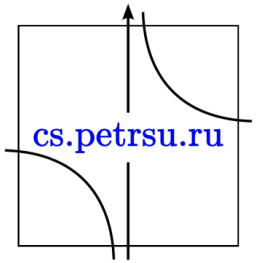
- п.с.: В отличие от Matplotlib отдельные объекты осей не создаются.

- У варианта express мало гибкости, поэтому рассмотрим второй вариант:
  - создадим фигуру и нанесём на неё объекты
  - выведем фигуру для показа с помощью метода show()

```
figure = go.Figure()
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x)))
figure.show()
```

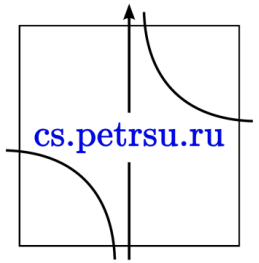



25
20
15
10
5
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5


cs.petrsu.ru

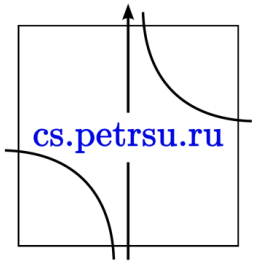
- Основные отличия в результате
  - получилась гладкая кривая
  - можно строить несколько кривых на один график

```
figure = go.Figure()
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x)))
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x))
figure.show()
```



Настройка отображения

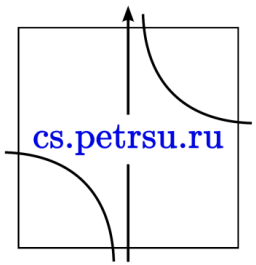
- Plotly поддерживает LATEX в подписях (как и matplotlib через использование $$ с обеих сторон).
  - минус в том что подсказки в сыром виде
  - можно использовать теги HTML
    f(x)=x²

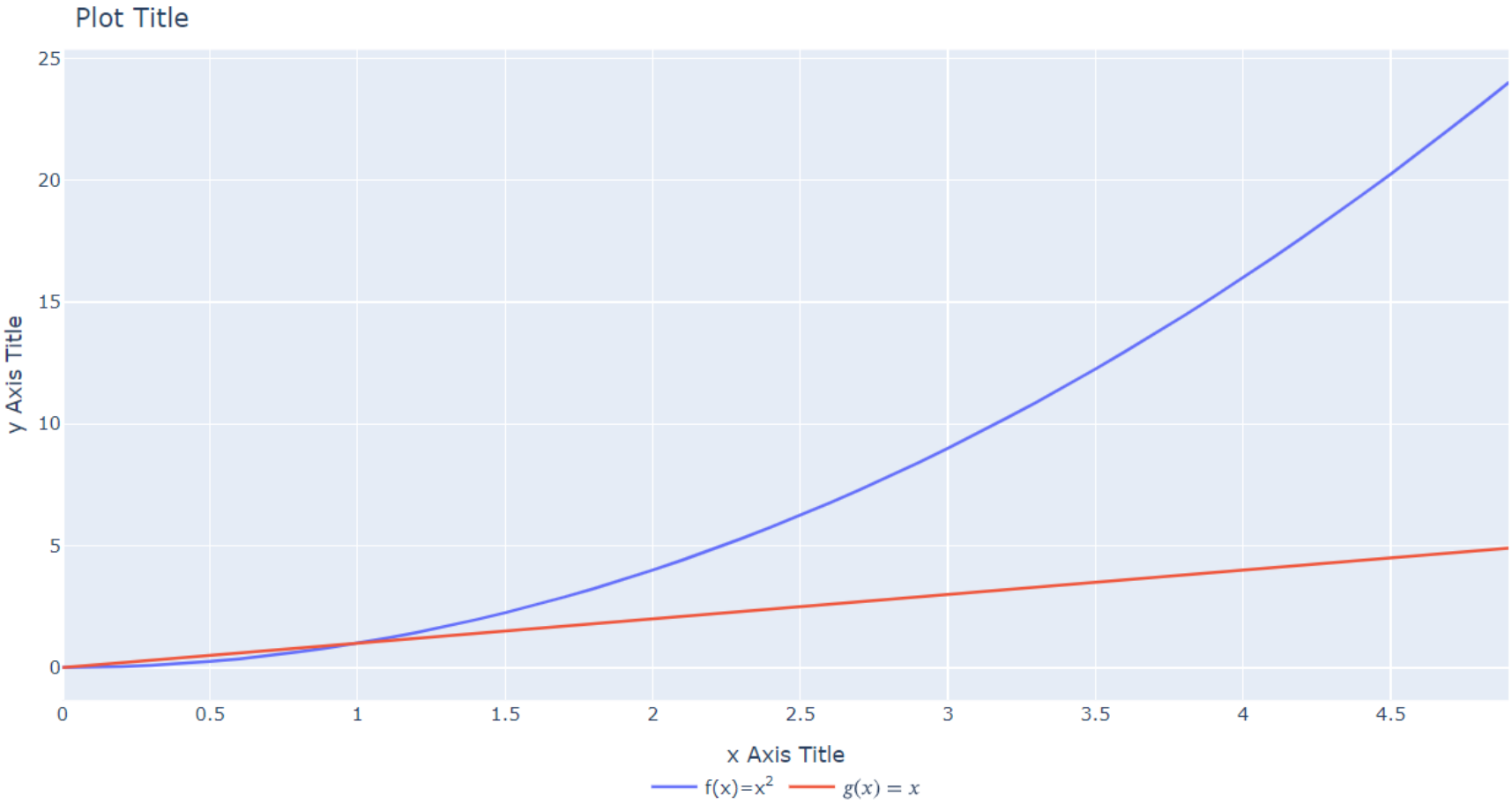


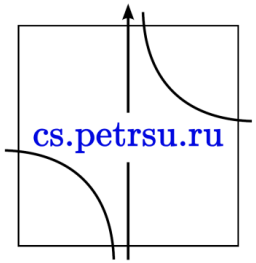
update_layout

- Изменение расположение легенды, отступов, подписей к осям и графику через update_layout:
  - параметры legend, legend_orientation
  - параметр margin
  - параметры title, xaxis_title, yaxis_title

```
figure = go.Figure()
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x),  name='f(x)=x<sup>2</sup>'))
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x, name='$$g(x)=x$$'))
figure.update_layout(legend_orientation="h",
                     legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
                     title="Plot Title",
                     xaxis_title="x Axis Title",
                     yaxis_title="y Axis Title",
                    margin=dict(l=0, r=0, t=30, b=0))
figure.show()
```




Plot Title
y Axis Title
x Axis Title
0
5
10
15
20
25
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
f(x)=x2
g(x) = x


cs.petrsu.ru

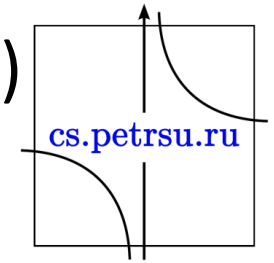
add_trace

- Настройка варианта отображения через:
  - линия и точки:

```
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x),
                mode='lines+markers',
                name='f(x)=x<sup>2</sup>'))
```

  - только точки:

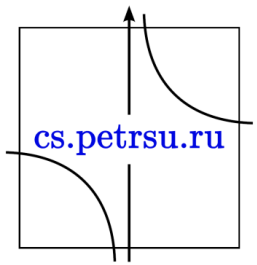
```
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x,
                mode='markers', name='$$g(x)=x$$'))
```

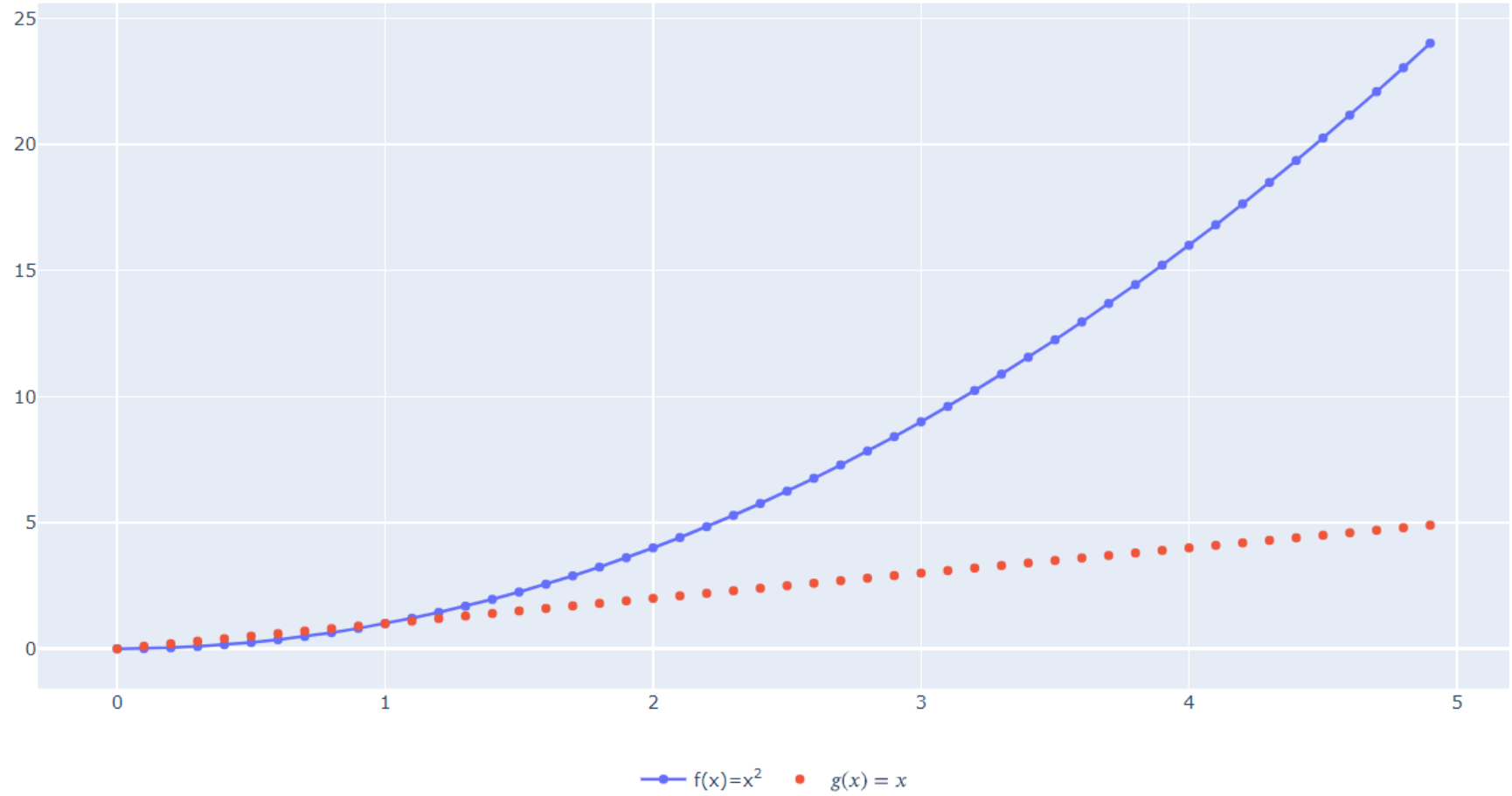


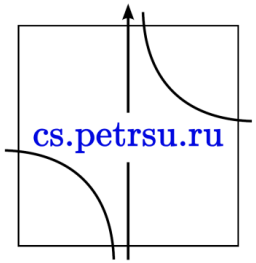
add_trace

- Можно настроить маркеры для конкретной кривой:

```
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x,
                mode='markers', name='g(x)=x',
                marker=dict(color='LightSkyBlue', size=20,
                line=dict(color='MediumPurple', width=3))))
```




25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
f(x)=x²
g(x) = x


cs.petrsu.ru

update_traces

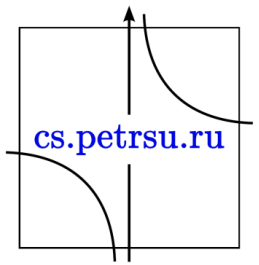
Изменение параметров отображения через update_traces:

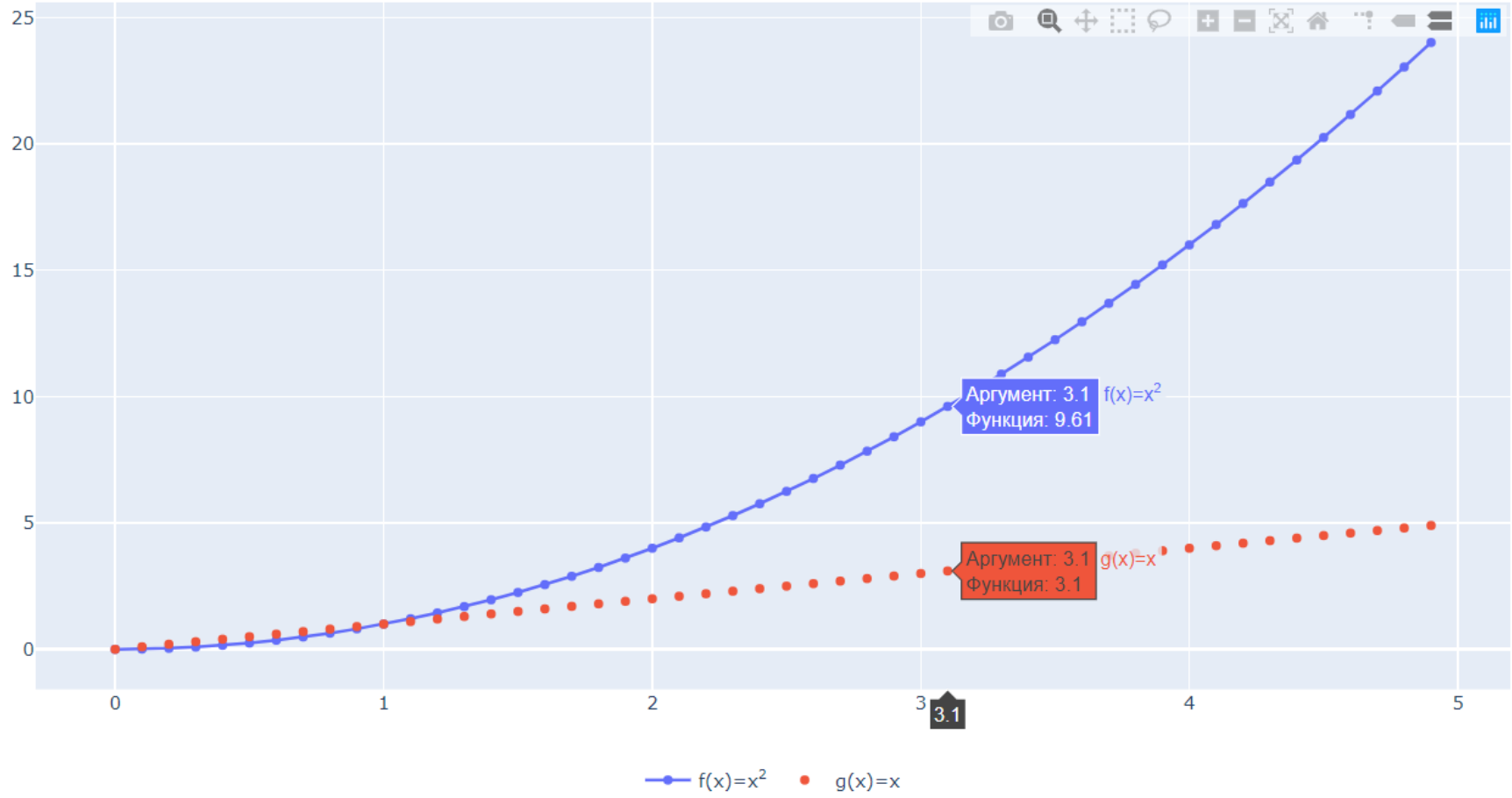
- Вывод информации и форматированный шаблон вывода (параметры hoverinfo+hovertemplate):

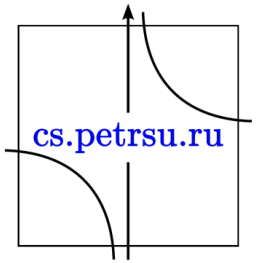
```
figure.update_traces(hoverinfo="all",
                     hovertemplate="Аргумент: %{x}<br>Функция: %{y}")
```

-
- Для синхронного вывода нескольких кривых в одной точке можно настроить режим показа подсказок (параметр hovermode):

```
figure.update_layout(legend_orientation="h",
                     legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
                     hovermode="x",
                     margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0))
```



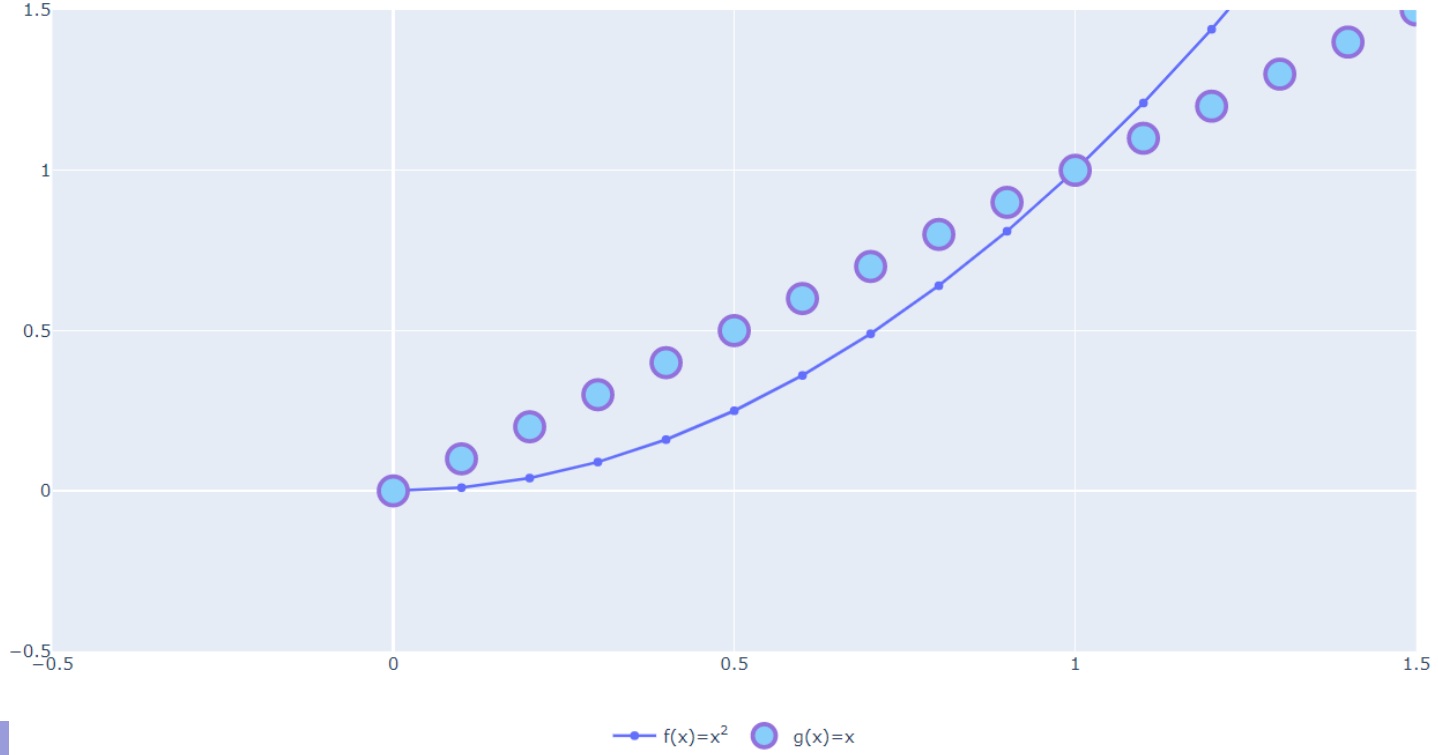

25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
3.1
Аргумент: 3.1
Функция: 9.61
f(x)=x²
Аргумент: 3.1
Функция: 3.1
g(x)=x
f(x)=x²
g(x)=x


cs.petrsu.ru

update_yaxes, update_xaxes

- Изменение интервалов отображения для осей:

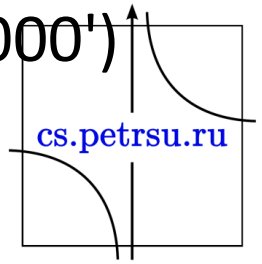
```
figure.update_yaxes(range=[-0.5, 1.5])
figure.update_xaxes(range=[-0.5, 1.5])
```

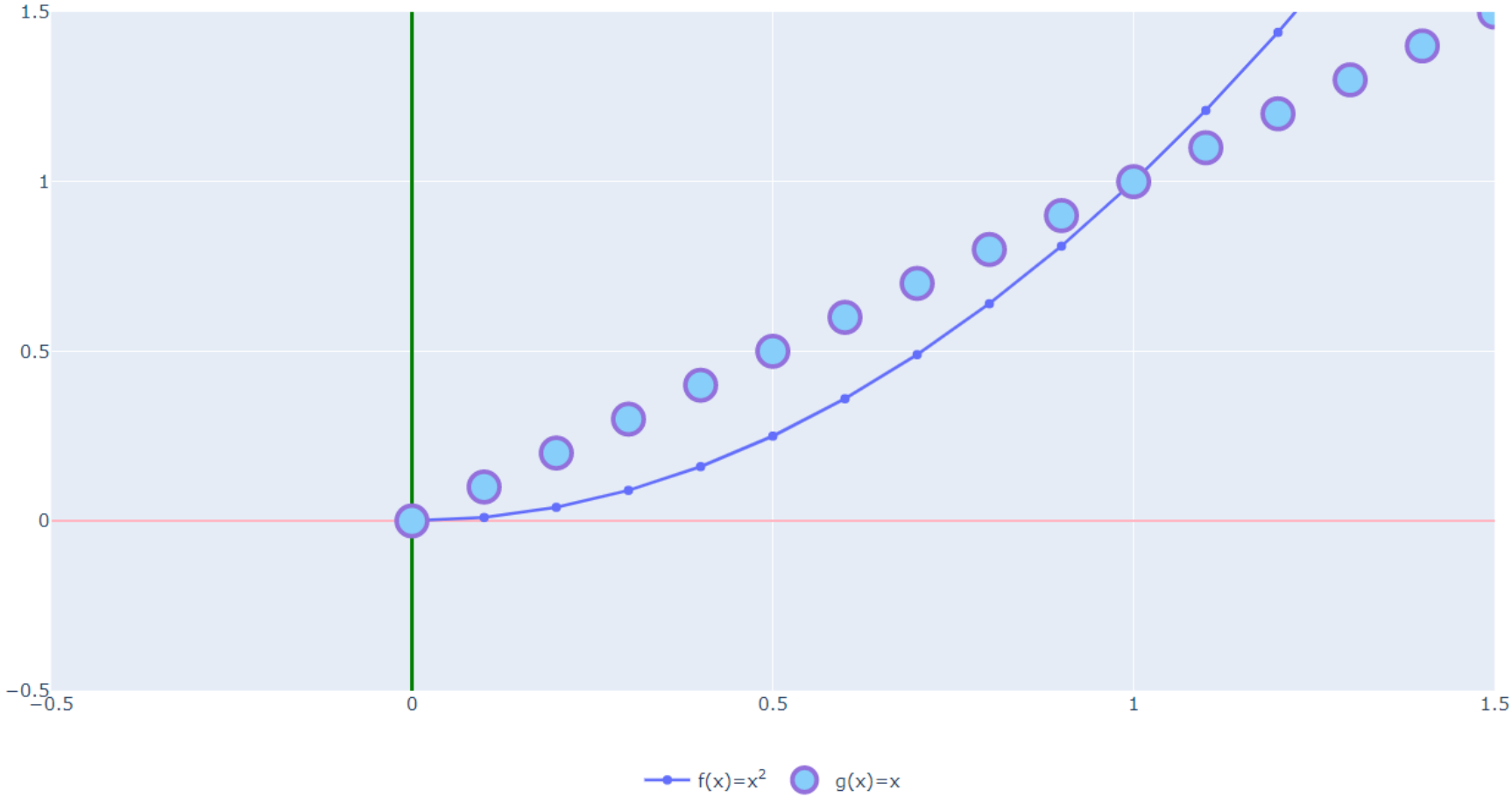


update_yaxes, update_xaxes

- Нанесем осевые линии:
  - zeroline — выводить или нет осевую линию
  - zerolinewidth — задаёт толщину осевой (в пикселях) линии
  - zerolinecolor — задаёт цвет осевой линии
-

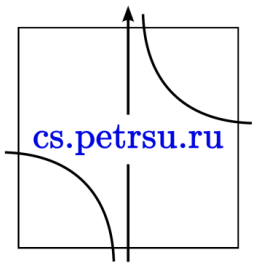
```
figure.update_yaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True,
                    zerolinewidth=2, zerolinecolor='LightPink')
figure.update_xaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True,
                    zerolinewidth=2, zerolinecolor='#008000')
```

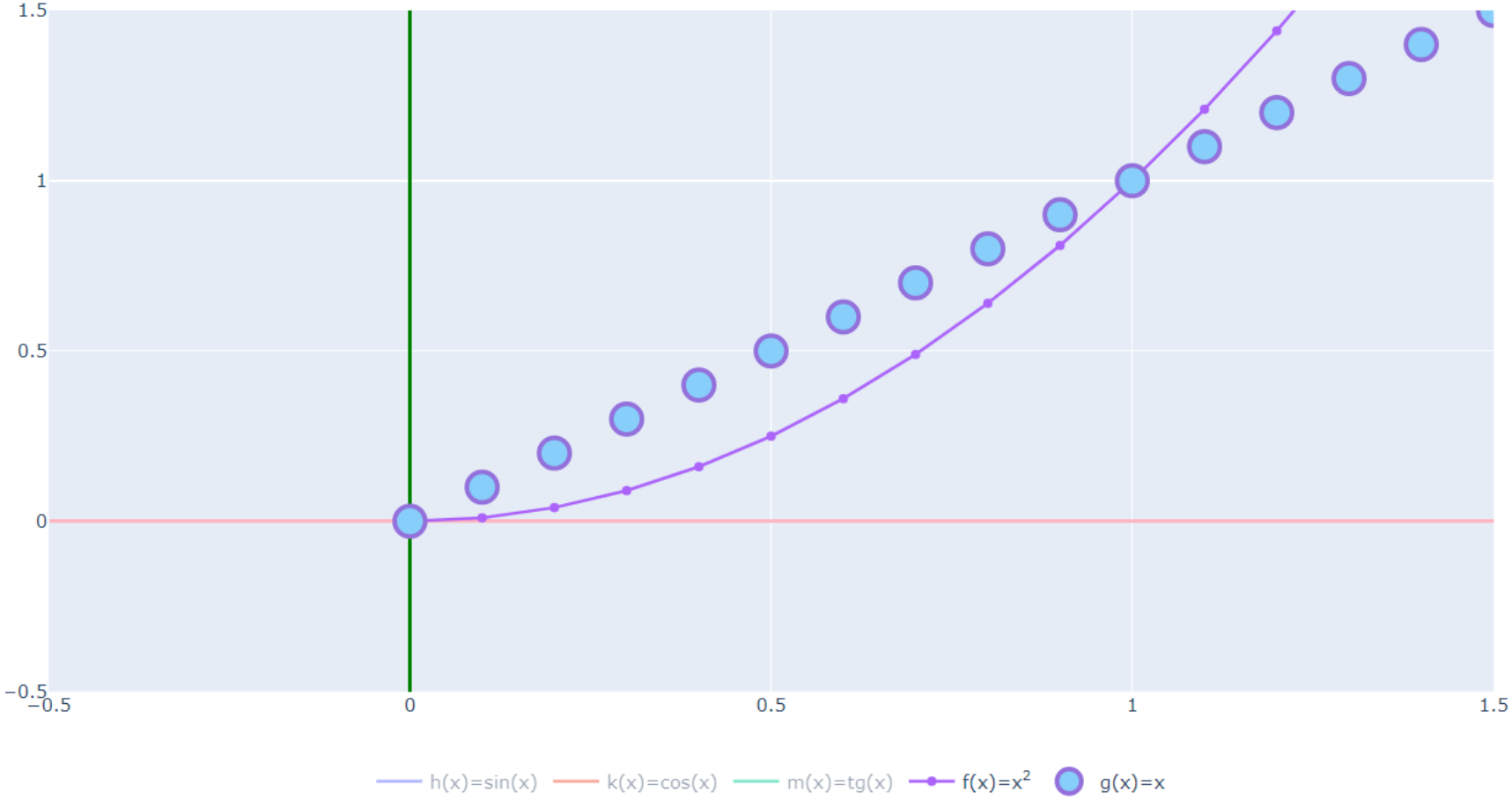


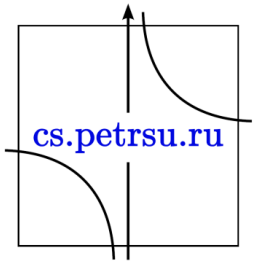


Скрытие графиков: visible

```
def h(x):
  return np.sin(x)

def k(x):
  return np.cos(x)

def m(x):
  return np.tan(x)

figure = go.Figure()
figure.update_yaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True, zerolinewidth=2, zerolinecolor='LightPink')
figure.update_xaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True, zerolinewidth=2, zerolinecolor='#008000')
figure.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=h(x),  name='h(x)=sin(x)'))
figure.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=k(x),  name='k(x)=cos(x)'))
figure.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=m(x),  name='m(x)=tg(x)'))
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x), mode='lines+markers',  name='f(x)=x<sup>2</sup>'))
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x, mode='markers',name='g(x)=x',
            marker=dict(color='LightSkyBlue', size=20, line=dict(color='MediumPurple', width=3))))
figure.update_layout(legend_orientation="h",
            legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
            hovermode="x",
            margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0))
figure.update_traces(hoverinfo="all", hovertemplate="Аргумент: %{x}<br>Функция: %{y}")
figure.show()
```




1.5
1
0.5
0
−0.5
−0.5
0
0.5
1
1.5
h(x)=sin(x)
k(x)=cos(x)
m(x)=tg(x)
f(x)=x²
g(x)=x


cs.petrsu.ru

make_subplots

- Модуль для создания фигур с несколькими графиками
  - Необходимо указать количество: row — строк, col — столбцов.

- При построении графика передать «координаты» графика в этой «матрице» (сперва строка, потом столбец)

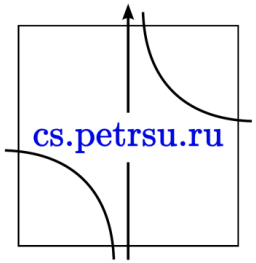
```
figure = make_subplots(rows=1, cols=2,
                       specs=[[{'type':'domain'}, {'type':'domain'}]])
```

- Можно задать заголовки графиков через агрумент subplot_titles кортеж/список с названиями.

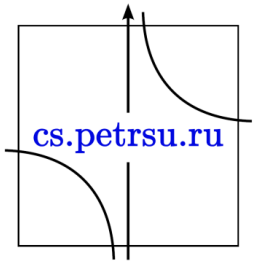
```
figure = make_subplots(rows=1, cols=2,
                       subplot_titles=("Plot 1", "Plot 2"))
```

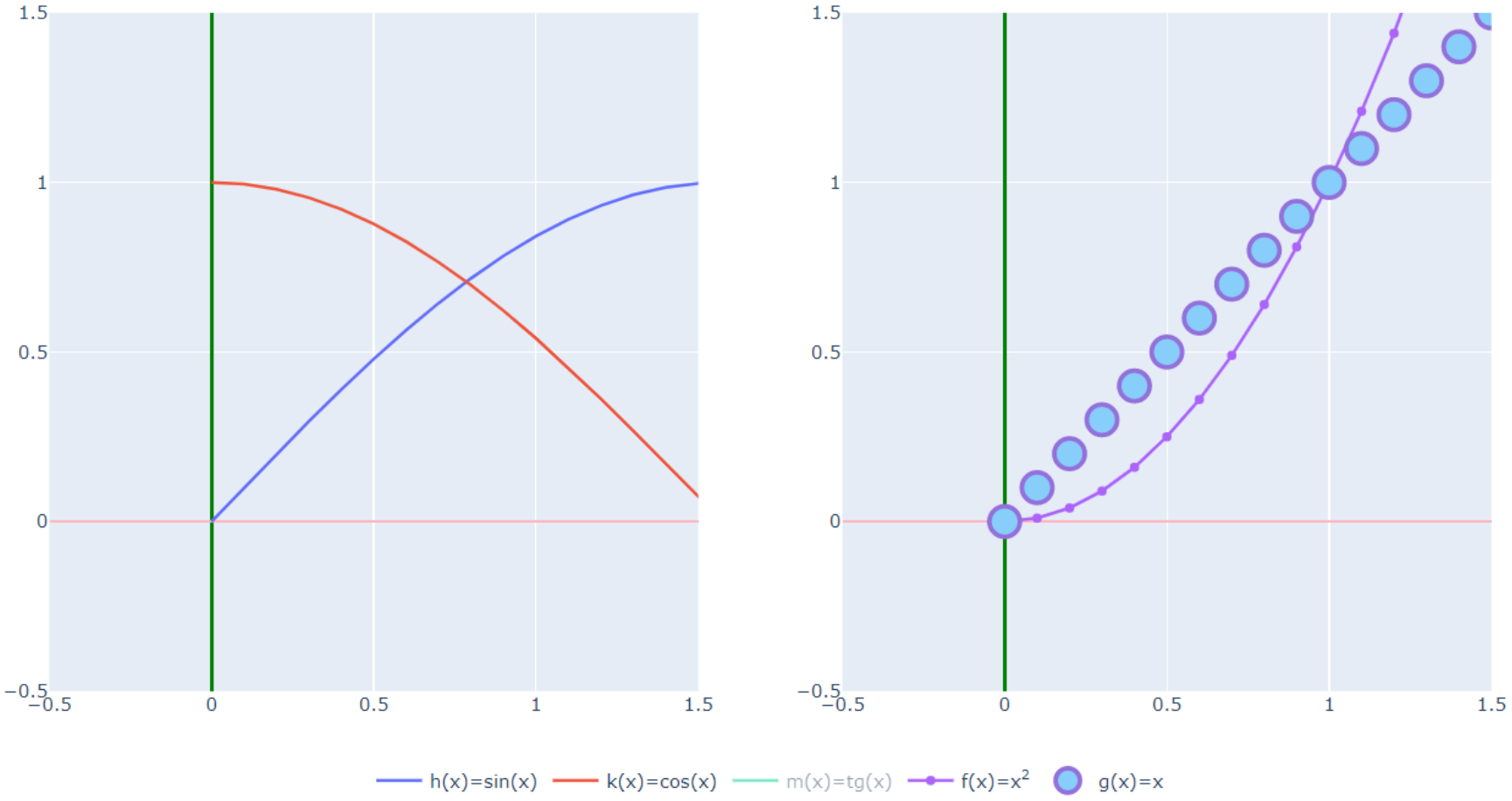
- Можно изменять размеры графиков через соотношение 2:1 (column_widths — задаёт отношения ширины графиков, row_heights — высот графиков)

```
figure = make_subplots(rows=1, cols=2, column_widths=[2, 1])
```



```
figure = make_subplots(rows=1, cols=2)

figure.update_yaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True, zerolinewidth=2, zerolinecolor='LightPink')
figure.update_xaxes(range=[-0.5, 1.5], zeroline=True, zerolinewidth=2, zerolinecolor='#008000')

figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=h(x),  name='h(x)=sin(x)'), 1, 1)
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=k(x),  name='k(x)=cos(x)'), 1, 1)
figure.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=m(x),  name='m(x)=tg(x)'), 1, 1)

figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x), mode='lines+markers',  name='f(x)=x<sup>2</sup>'), 1, 2)
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=x, mode='markers',name='g(x)=x',
        marker=dict(color='LightSkyBlue', size=20, line=dict(color='MediumPurple', width=3))), 1, 2)
figure.update_layout(legend_orientation="h",
        legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
        hovermode="x",
        margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0))
figure.update_traces(hoverinfo="all", hovertemplate="Аргумент: %{x}<br>Функция: %{y}")
figure.show()
```

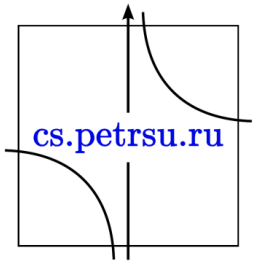


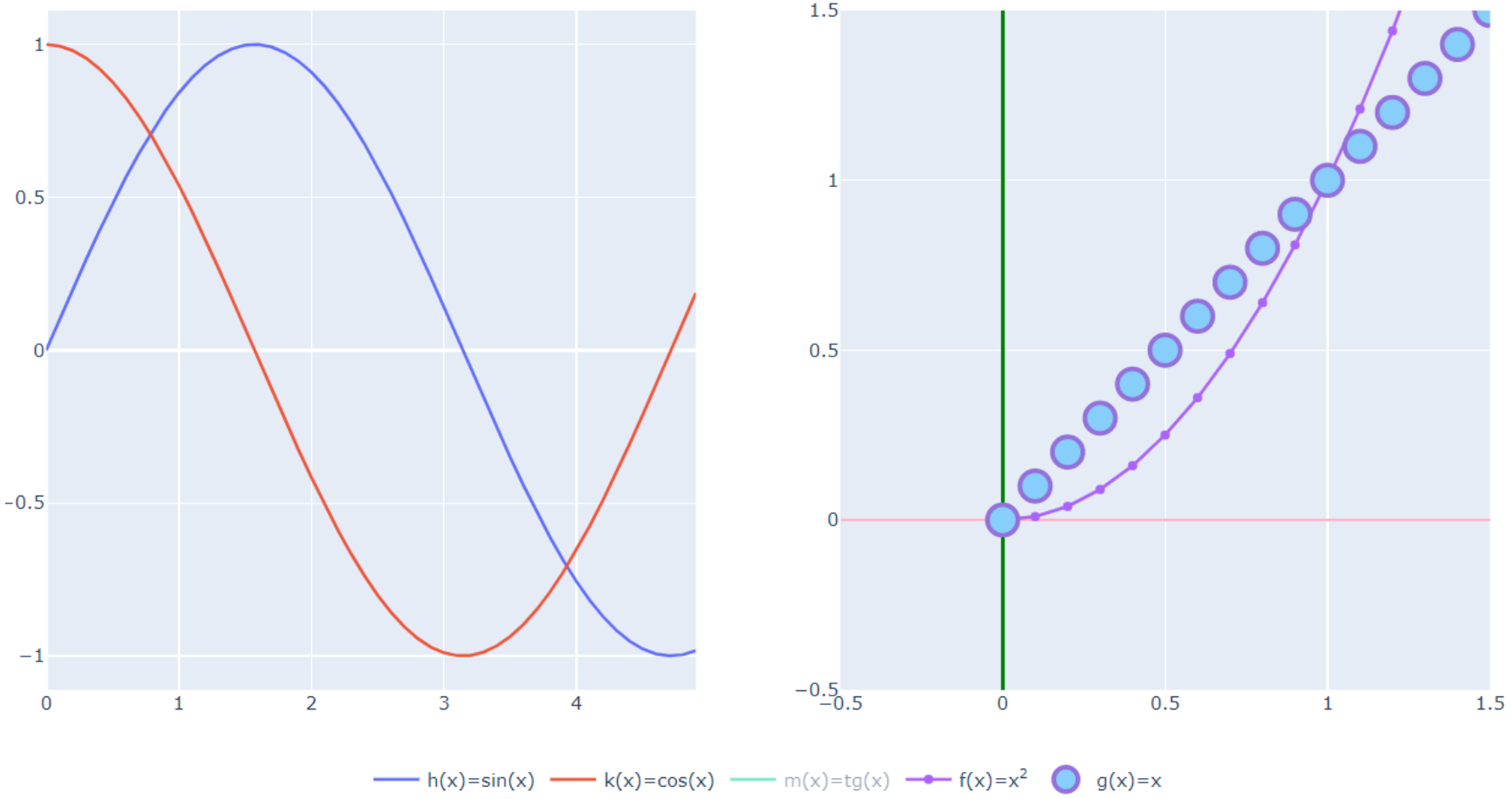


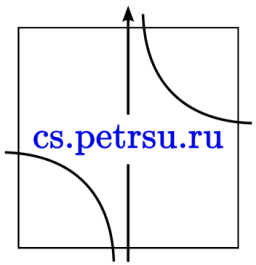
update_xaxes/update_yaxes

- Можно изменить ось только на конкретном графике:

```
figure.update_yaxes(range=[-0.5, 1.5],
                    zeroline=True, zerolinewidth=2,
                    zerolinecolor='LightPink', col=2)
figure.update_xaxes(range=[-0.5, 1.5],
                    zeroline=True, zerolinewidth=2,
                    zerolinecolor='#008000', col=2)
```



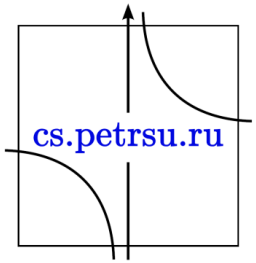

1
0.5
0
-0.5
−1
0
1
2
3
4
1.5
1
0.5
0
−0.5
−0.5
0
0.5
1
1.5
h(x)=sin(x)
k(x)=cos(x)
m(x)=tg(x)
f(x)=x2
g(x)=x

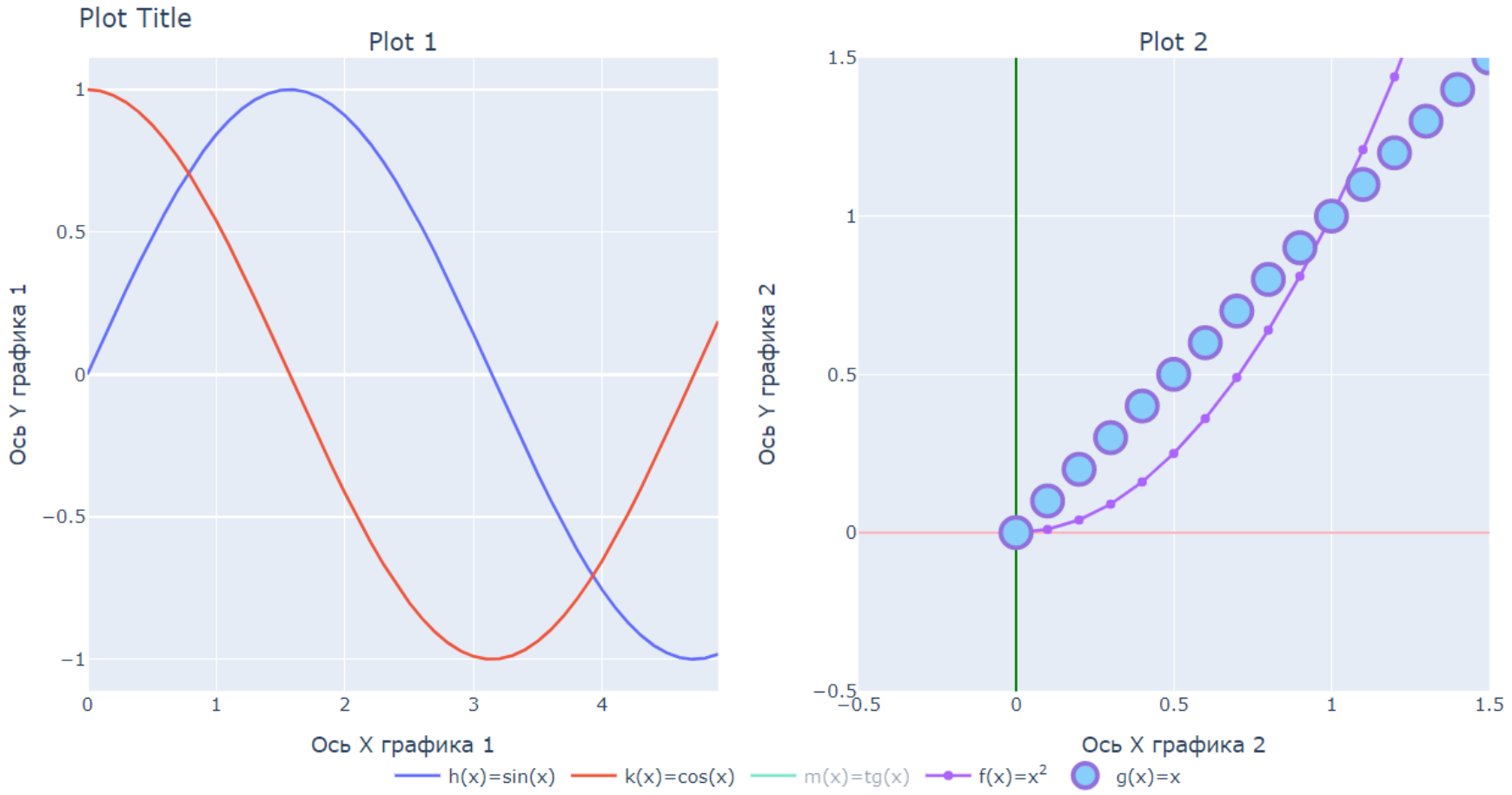

cs.petrsu.ru

update_xaxes/update_yaxes

- Переопределим подписи осей для разных подграфиков через title/row/col

```
figure.update_xaxes(title='Ось X графика 1', col=1, row=1)
figure.update_xaxes(title='Ось X графика 2', col=2, row=1)
figure.update_yaxes(title='Ось Y графика 1', col=1, row=1)
figure.update_yaxes(title='Ось Y графика 2', col=2, row=1)
```

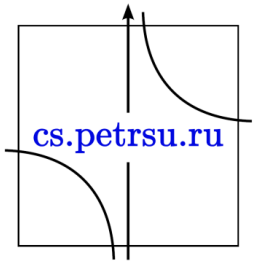



Plot Title
Plot 1
Ось Y графика 1
Ось X графика 1
Plot 2
Ось Y графика 2
Ось X графика 2
h(x)=sin(x)
k(x)=cos(x)
m(x)=tg(x)
f(x)=x2
g(x)=x

cs.petrsu.ru

Примеры subplots

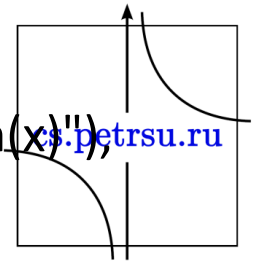
- Больше примеров с подграфиками в документации: https://plotly.com/python/subplots/



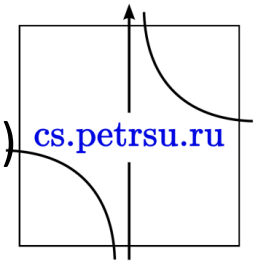
Тепловая карта

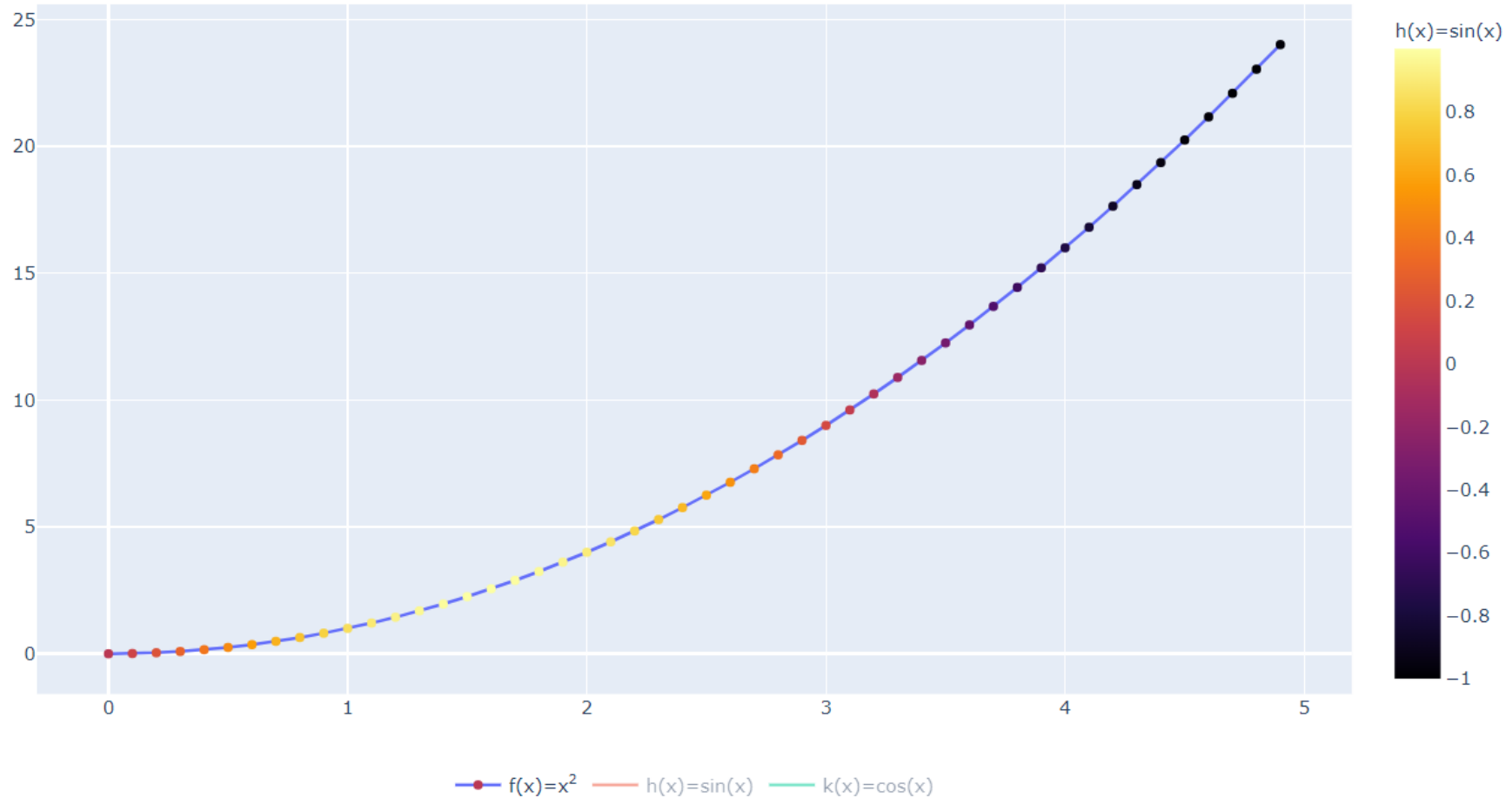
- Модифицируем первый график, но увеличим количество отображаемой информации, используя цветовую кодировку.
  - используя тепловую карту — чем выше значение некой величины, тем «теплее» цвет.
- Для этого у объекта go.Scatter используем атрибут marker, передаём следующие атрибуты в словарь:
  - color — список значений по которым будут выбираться цвета. Элементов списка должно быть столько же, сколько и точек.
  - colorbar — словарь, описывающий индикационную полосу цветов справа от графика. Принимает на вход словарь. Используем title — заголовок полосы.

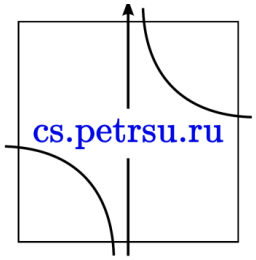
```
figure.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x), mode='lines+markers',
                                    name='f(x)=x<sup>2</sup>',
                                    marker=dict(color=h(x),
                                                colorbar=dict(title="h(x)=sin(x)"),
                                                colorscale='Inferno')))
```



```
fig = go.Figure()
fig.add_trace(go.Scatter(x=x, y=f(x), mode='lines+markers',
                         name='f(x)=x<sup>2</sup>',
                         marker=dict(color=h(x),
                                     colorbar=dict(title="h(x)=sin(x)"),
                                     colorscale='Inferno')))

fig.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=h(x),
                         name='h(x)=sin(x)'))
fig.add_trace(go.Scatter(visible='legendonly', x=x, y=k(x),
                         name='k(x)=cos(x)'))

fig.update_layout(legend_orientation="h",
                  legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
                  margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0))
fig.update_traces(hoverinfo="all",
                  hovertemplate="Аргумент: %{x}<br>Функция: %{y}")
fig.show()
```




25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
h(x)=sin(x)
0.8
0.6
0.4
0.2
0
−0.2
−0.4
−0.6
−0.8
−1
f(x)=x2
h(x)=sin(x)
k(x)=cos(x)

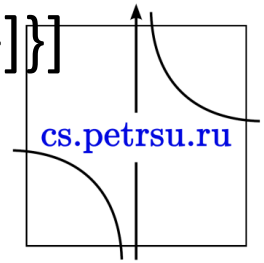

cs.petrsu.ru

Анимация

- создается из списка кадров - фреймов
- фрейм - готовый график
- создается через go.Frame() с акгументом data

- Кнопки (добавляются через update_layout):

```
"updatemenus": [{"type": "buttons",
                 "buttons": [{"label": "Your Label",
                              "method": "animate",
                              "args": [See Below]}]}]
```

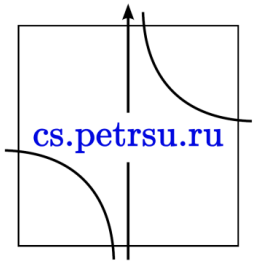


- Рассмотрим пример создания последовательности:

```
frames=[]
for i in range(1, len(x)):
    frames.append(go.Frame(data=[go.Scatter(x=x[:i],
                                            y=f(x[:i]))]))
```

- Далее фреймы необходимо передать в фигуру (атрибут frames):

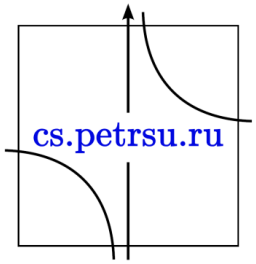
```
figure.frames = frames
```



Анимация

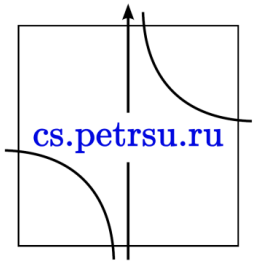
- Второй вариант - задать начальное состояние, слой (с кнопками) и все фреймы передать в объект go.Figure:

```
frames=[]
for i in range(1, len(x)):
   frames.append(go.Frame(data=[go.Scatter(x=x[:i+1], y=f(x[:i+1]))]))

figure = go.Figure(data=go.Scatter(x=[x[0]], y=[f(x[0])], mode='lines+markers',
                                   name='f(x)=x<sup>2</sup>'),
                   frames=frames,
                   layout=dict(legend_orientation="h",
                               legend=dict(x=.5, xanchor="center"),
                               updatemenus=[dict(type="buttons",
                                                 buttons=[dict(label="Play",
                                                  method="animate", args=[None])])],
                               margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0)))

figure.update_traces(hoverinfo="all",
                     hovertemplate="Аргумент: %{x}<br>Функция: %{y}")
figure.show()
```



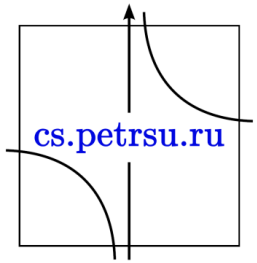
Слайдер

- похож на анимацию
- это элемент навигации – полоска по которой скользит ползунок, который управляет состоянием графиков на фигуре
  - все графики сразу есть, скрываются/показываются в зависимости от положения ползунка.
- Примеры тут: https://plotly.com/python/animations/



Показ plotly графиков на сайте

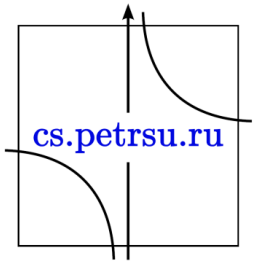
- Plotly — это не только библиотека для Python, но ещё и JS, это значит, что любые графики, которые вы строите в jupyter notebook, вы можете показывать и на сайте (если он на Python, либо если вы заранее выгрузите всё необходимое).



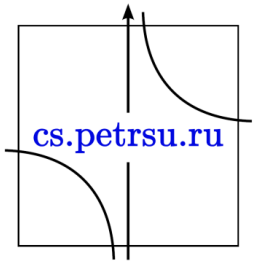
Пример:

```
import json
#создаём свой график в фигуре figure и выгружаем его в формат json
graphJSON = json.dumps(figure, cls=plotly.utils.PlotlyJSONEncoder)

#выгрузим json в файл
with open('example.JSON', 'w') as file:
    file.write('var graphs = {};'.format(graphJSON))
```

Далее создаем файл html…

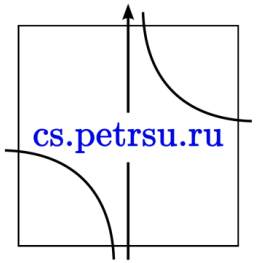


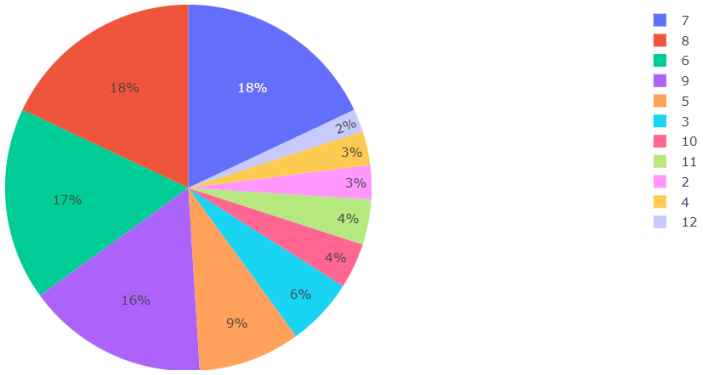
```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
        <meta charset="utf-8">
        <title>Пример работы Plotly на сайте</title>
</head>
<body>
        <script src="https://cdn.plot.ly/plotly-latest.min.js"></script>
        <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/d3/3.5.6/d3.min.js"></script>

        <h1>Пример работы Plotly на сайте</h1>
        <div class="chart" id="plotly_graph"></div>

        <script src="example.JSON"></script>
        <script>Plotly.plot('plotly_graph',graphs,{});</script>
</body>
</html>
```

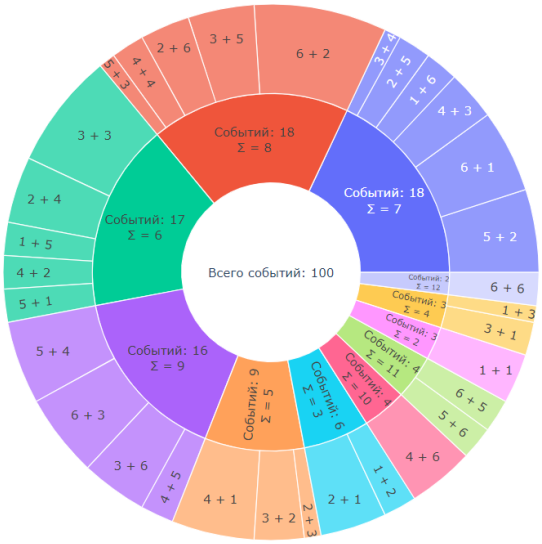


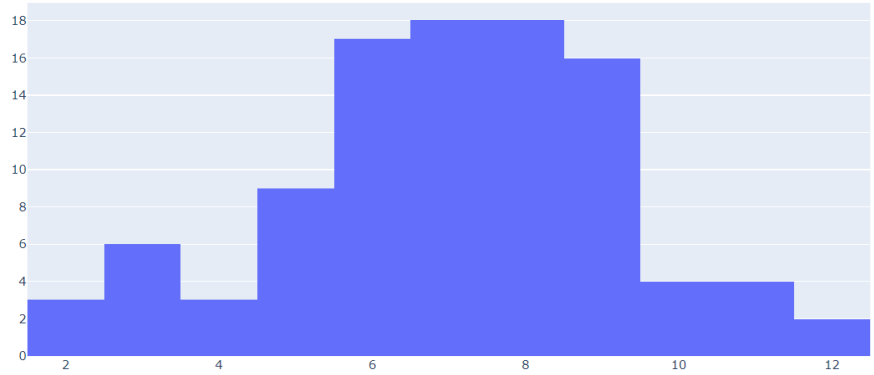
Что можно ещё

- Круговые диаграммы
- Пузырьковые диаграммы
- Гистограммы
- Контурные графики
- Полярные карты
- Ящики с усами (Box Plots)
- Географические карты(Scattermapbox)
- Поверхности
- Визуализации
- и многое другое… https://plotly.com/python/

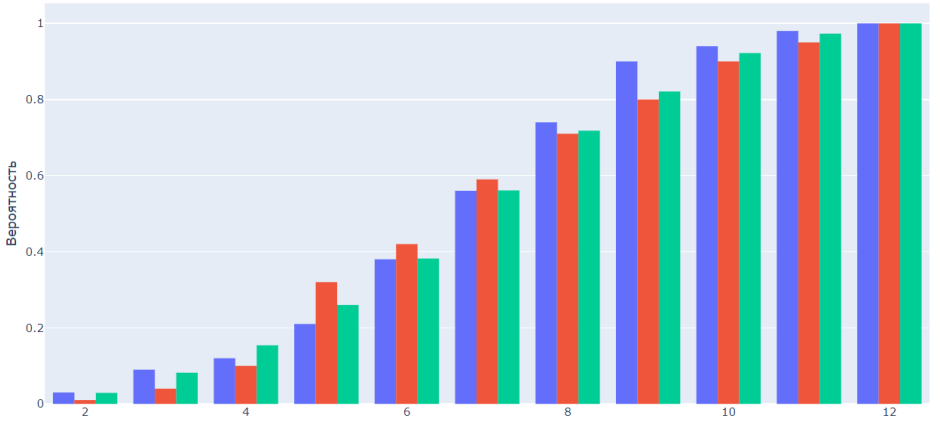




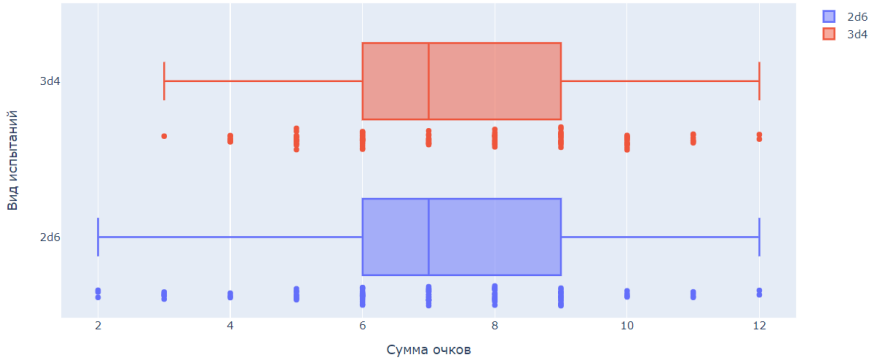




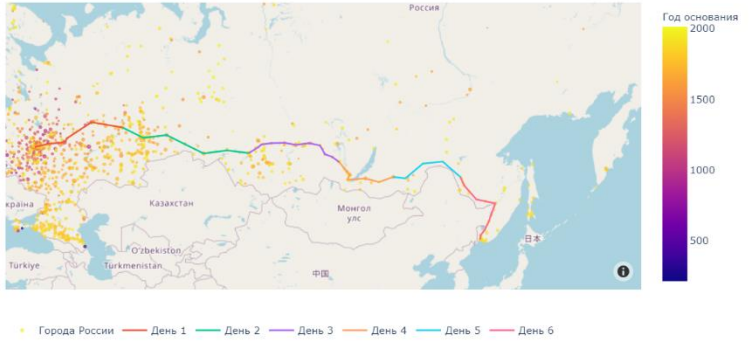
Пример накопительной гистограммы на основе бросков пары игральных костей



Сравнение испытаний по 100 бросков игральных костей



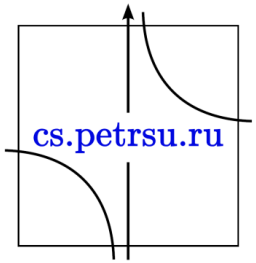
По России на поезде



Manim

— это средство для создания точных анимации, с помощью которых поясняются разные математические операции

- визуализация для Data Science
- иллюстрировать свои идеи и рассуждения о математике
- улучшение понимания математических концепций (напр. алгоритмы машинного обучения)

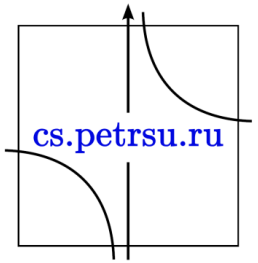


Установка

- https://docs.manim.community/en/stable/installation.html

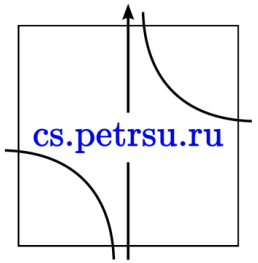
- После установки зависимостей введите команду:

  pip install manim



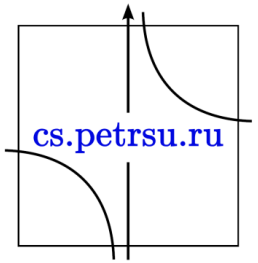
- Код для создания анимации определяется внутри метода construct получаемого из Scene класса:

```
from manim import *

config.background_color = DARK_GRAY

class PointMovingOnShapes(Scene):
    def construct(self):
        square = Square(color=BLUE) # Create a square
        square.flip(RIGHT) # Flip the square to the right
        square.rotate(-3 * TAU / 8) # Rotate the square -3/8 * 2*PI

         # Play the animation of a square growing from the center
        self.play(GrowFromCenter(square))
```

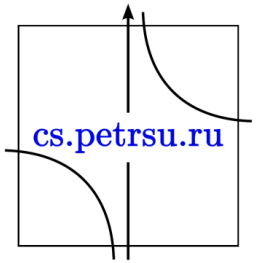


- Сохраните этот скрипт с именем start.py. Запустите команду ниже, чтобы сгенерировать видео из скрипта.

```
manim -p -ql start.py PointMovingOnShapes
# Будет сохранено видео PointMovingOnShapes.mp4
manim -p -ql -i start.py PointMovingOnShapes
# -i сгенерировать GIF-анимацию
```

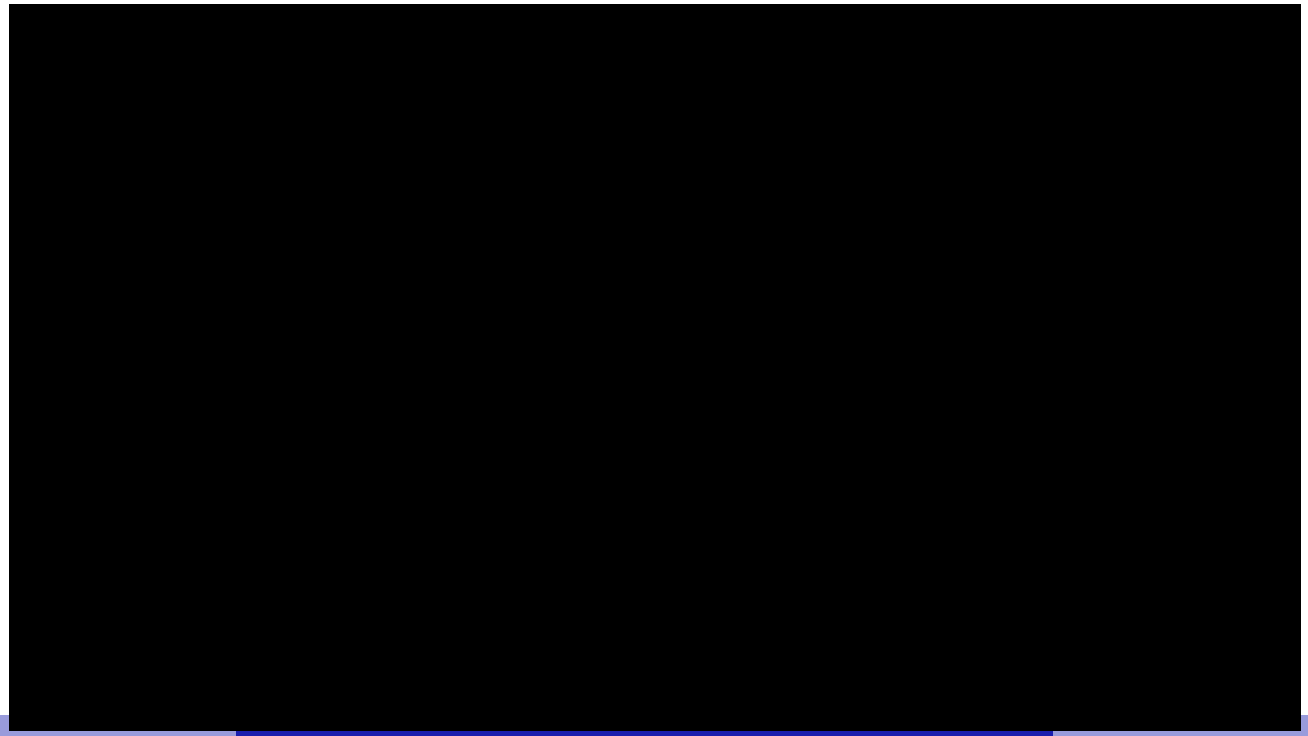


- Более подробно: https://docs.manim.community/en/stable/reference/manim.mobject.geometry.html

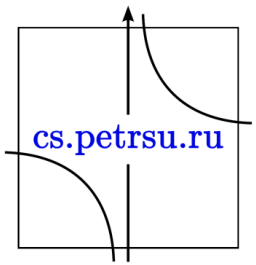


Уравнения с подвижной рамкой

- Также можно создавать анимации, выводящие математические уравнения с подвижной рамкой, например такие:

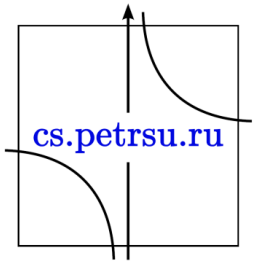


```
class MovingFrame(Scene):
    def construct(self):
        # Write equations
        equation = MathTex("2x^2-5x+2", "=", "(x-2)(2x-1)")

        # Create animation
        self.play(Write(equation))

        # Add moving frames
        framebox1 = SurroundingRectangle(equation[0], buff=.1)
        framebox2 = SurroundingRectangle(equation[2], buff=.1)

        # Create animations
        self.play(Create(framebox1))  # creating the frame

        self.wait()
        # replace frame 1 with frame 2
        self.play(ReplacementTransform(framebox1, framebox2))

        self.wait()
```



- Или записывать шаги решения уравнения:

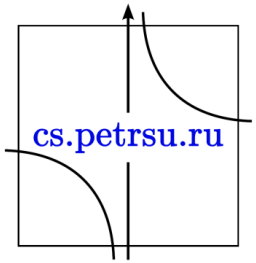
```
class MathematicalEquation(Scene):
    def construct(self):

        # Write equations
        equation1 = MathTex("2x^2-5x+2")
        eq_sign_1 = MathTex("=")
        equation2 = MathTex("2x^2-4x-x+2")
        eq_sign_2 = MathTex("=")
        equation3 = MathTex("(x-2)(2x-1)")

        # Put each equation or sign in the appropriate positions
        equation1.next_to(eq_sign_1, LEFT)
        equation2.next_to(eq_sign_1, RIGHT)

        eq_sign_2.shift(DOWN)
        equation3.shift(DOWN)

        # Align bottom equations with the top equations
        eq_sign_2.align_to(eq_sign_1, LEFT)
        equation3.align_to(equation2, LEFT)

        # Group equations and sign
        eq_group = VGroup(equation1, eq_sign_1, equation2, eq_sign_2, equation3)

        # Create animation
        self.play(Write(eq_group))

        self.wait()
```



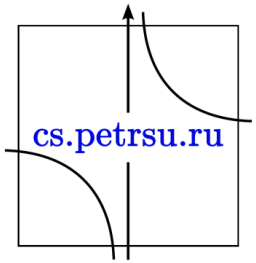
Перемещение и панорамирование

Также можно с помощью объекта MovingCameraScene:

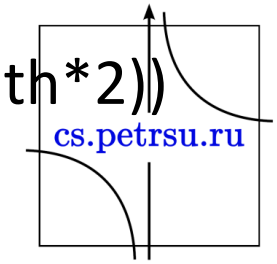
- направлять "камеру" на отдельные части уравнения
- увеличивать масштабы отображения таких мест



$$2x^2 - 5x + 2 = (x - 2)(2x - 1)$$

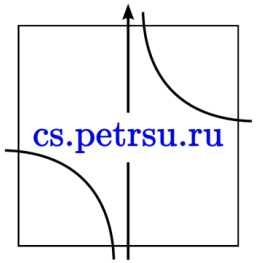


```
class MovingAndZoomingCamera(MovingCameraScene):
    def construct(self):
        # Write equations
        equation = MathTex("2x^2-5x+2", "=", "(x-2)(2x-1)")

        self.add(equation)
        self.play(self.camera.frame.animate.move_to(
                        equation[0]).set(width=equation[0].width*2))
        self.wait(0.3)
        self.play(self.camera.frame.animate.move_to(
                        equation[2]).set(width=equation[2].width*2))
```

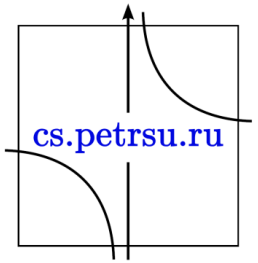


Построение графиков

- Пакет manim также можно использовать для создания аннотированных графиков:

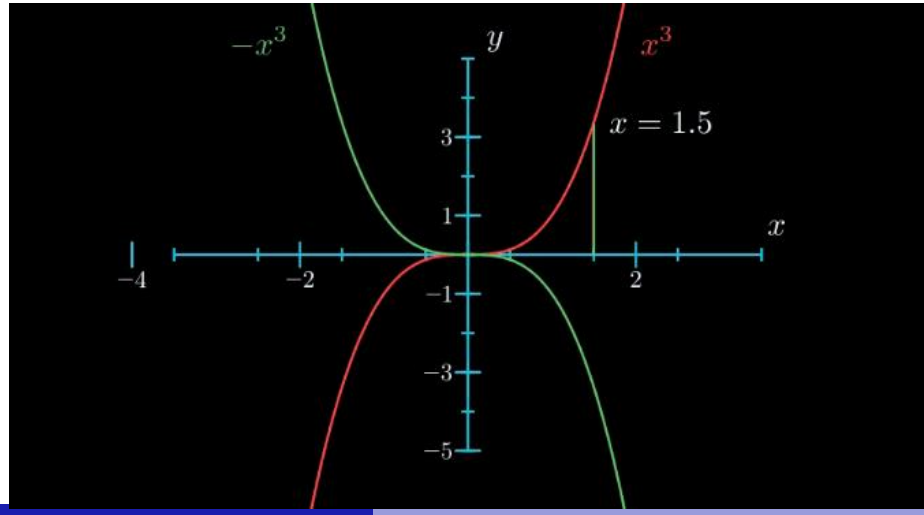


```
class Graph(GraphScene):
    def __init__(self, **kwargs):
        GraphScene.__init__(
            self,
            x_min=-3.5,
            x_max=3.5,
            y_min=-5,
            y_max=5,
            graph_origin=ORIGIN,
            axes_color=BLUE,
            x_labeled_nums=range(-4, 4, 2), # x tickers
            y_labeled_nums=range(-5, 5, 2), # y tickers
            **kwargs
        )

    def construct(self):
        self.setup_axes(animate=False)
        # Draw graphs
        func_graph_cube = self.get_graph(lambda x: x**3, RED)
        func_graph_ncube = self.get_graph(lambda x: -x**3, GREEN)
        # Create labels
        graph_lab = self.get_graph_label(func_graph_cube, label="x^3")
        graph_lab2 = self.get_graph_label(func_graph_ncube, label="-x^3", x_val=-3)
        # Create a vertical line
        vert_line = self.get_vertical_line_to_graph(1.5, func_graph_cube, color=YELLOW)
        label_coord = self.input_to_graph_point(1.5, func_graph_cube)
        text = MathTex(r"x=1.5")
        text.next_to(label_coord)
        self.add(func_graph_cube, func_graph_ncube, graph_lab, graph_lab2, vert_line, text)
        self.wait()
```



- Если нужно получить изображение последнего кадра сцены, добавьте к команде опцию -s:

manim -p -qh -s more.py Graph

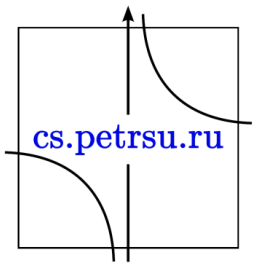


- Также можно анимировать процесс добавления осей: для этого нужно установить параметр animate=True.

```
def construct(self):
    self.setup_axes(animate=True)
```

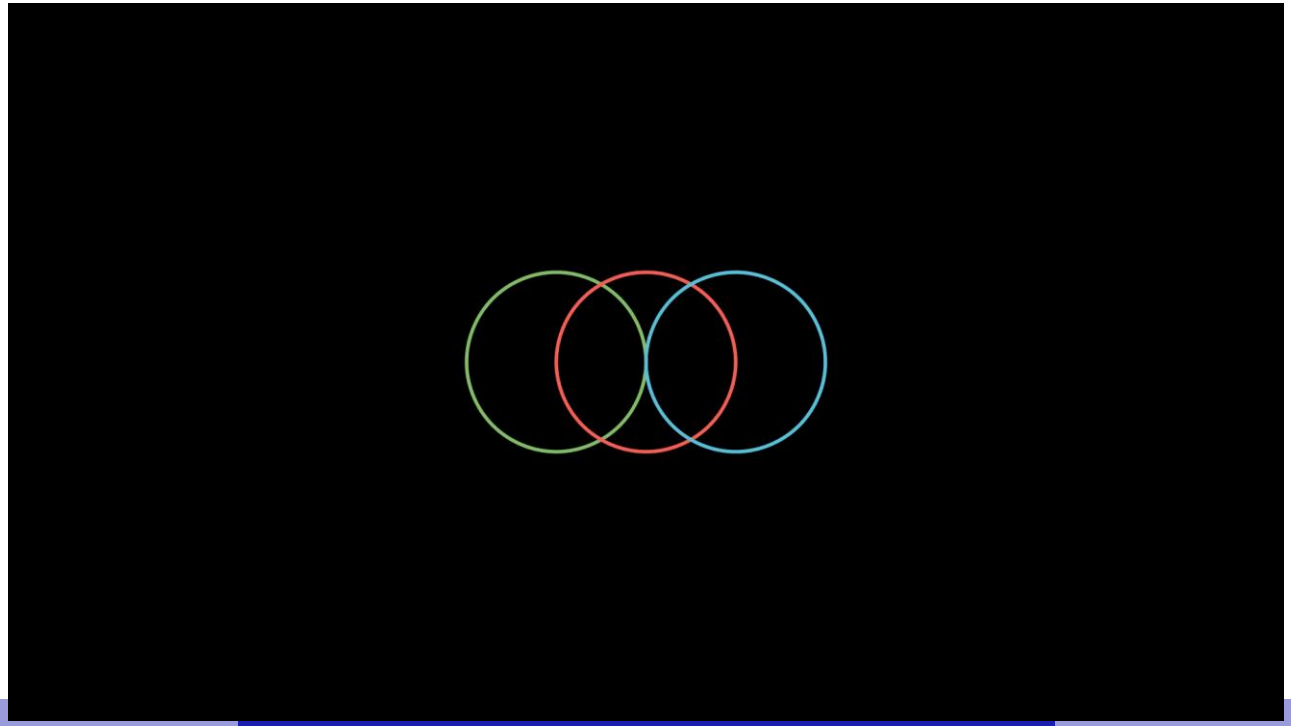
Создаем анимацию:

```
manim -p –qh -i more.py Graph
```



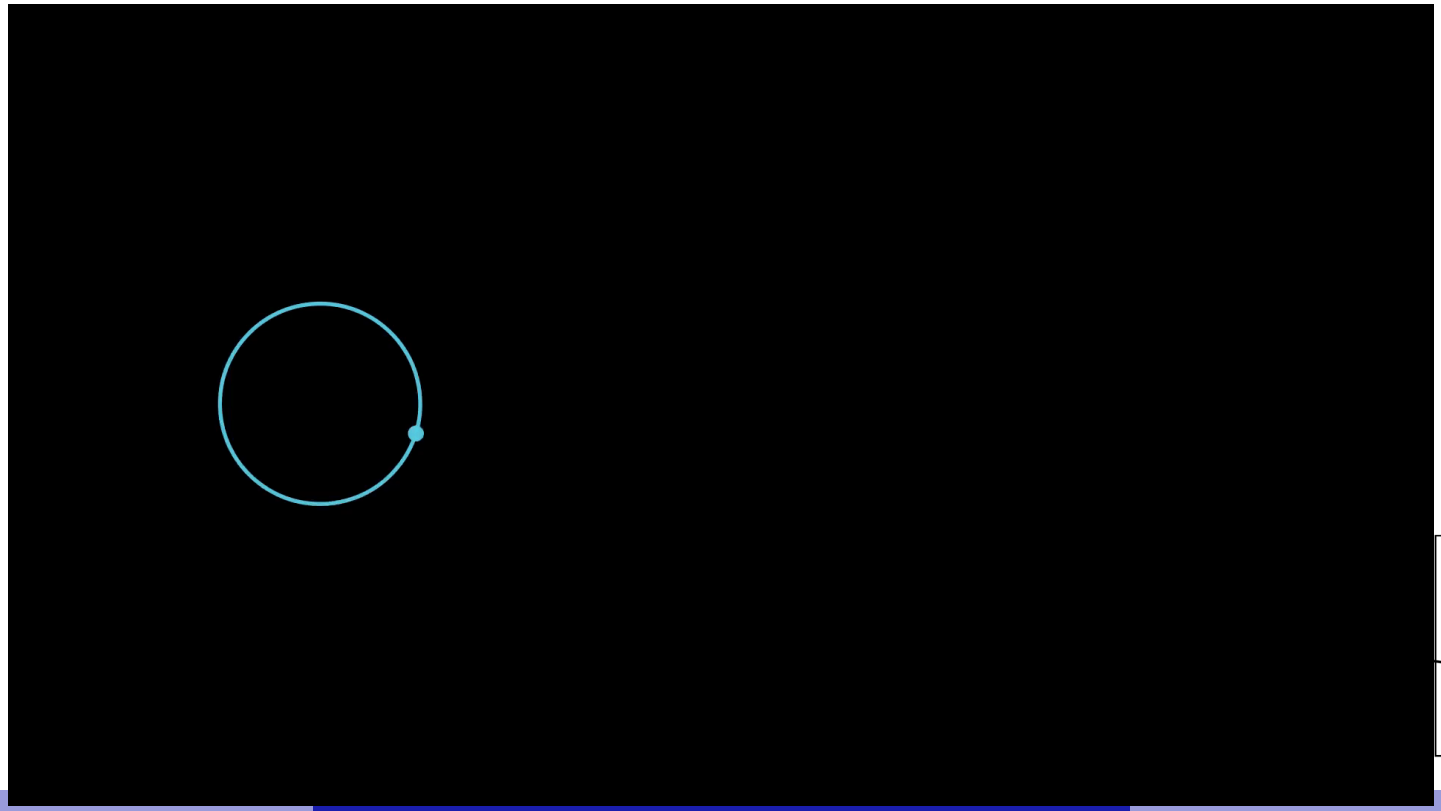
Совместное перемещение объектов

- Для группировки различных объектов Manim и их совместного перемещения можно воспользоваться VGroup:



Отслеживание перемещения

- Для отображения следа движущегося объекта можно воспользоваться TracedPath:



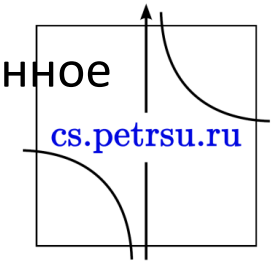
Итоги

- Пакет manim работает с тремя видами объектов:
  - Mobjects: объекты, которые могут выводиться на экран, например Circle (Окружность), Square (Квадрат), Matrix (Матрица), Angle (Угол) и пр.
  - Сцены: "холсты" для создания анимаций, например Scene, MovingCameraScene и пр.
  - Анимации: анимации, применяемые к объектам Mobjects, например Write (Записать), Create (Создать), GrowFromCenter (Увеличить от центра), Transform (Преобразовать) и пр.

- Ознакомиться с руководством по использованию manim можно тут https://docs.manim.community/en/stable/tutorials.html

- https://try.manim.community/

- При помощи manim красота математики приобретает вещественное выражение.



Другие…

- py-gnuplot
  https://pypi.org/project/py-gnuplot/
- …