大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

数据绘图

续本达

清华大学 工程物理系

2025-07-02 清华

预告

- 江门中微子实验 JUNO 的光学模型。
- 考察团队通过 Git 协作，鼓励三个组队。

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

自定义

- 如果有同学希望自定义大作业，请在 7 月 3 日 10 点之前向 `https://git.tsinghua.edu.cn/physics-data/projects/proposal` 仓库发送 merge request ，内容至少包含
  1. 问题描述和学科背景；
  2. 预期的目标和评价方式；
  3. 时间安排；
  4. 大作业项目导师，一名获得过《实验物理的大数据方法》课程 A 以上的学长。

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

安装软件

- Matplotlib（Python 绘图）、SciPy（科学计算）

```
apt install python3-matplotlib python3-tk python3-scipy
apt install x11-apps imagemagick
```

- 配置环境确保图形显示
  `https://physics-data.meow.plus/faq/env`

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

科学绘图

- A plot worths a thousand words. 图是描述科学对象的载体。
  - 撰写论文甚至可理解为“看图说话”：论文的局部目标是用语言和公式把图片解释清楚。
  - 绘制高质量的图，所花精力不比书写几千字少
- Matplotlib
  - 数据画图和可视化工具，风格受 Matlab 影响
  - 参考资料：Scipy Lecture Notes 1.5

X Window System 也被称为“X11”

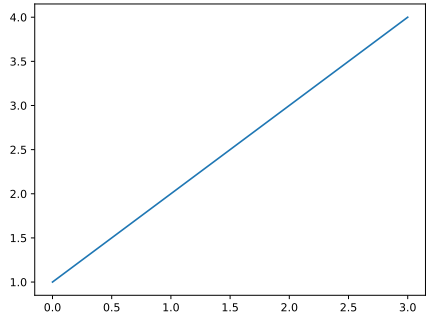
- 图形显示事实上的国际标准
- Server-client 架构
- Server 为显示图形提供服务 (`WSLg` 用的 `FreeRDP=`，或 `=VcXsrv`)
- Client 连接 X11 server，请求显示图形 (`xeyes`, `ViTables`, `Matplotlib`)

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

一条直线

- 四点连成一条直线

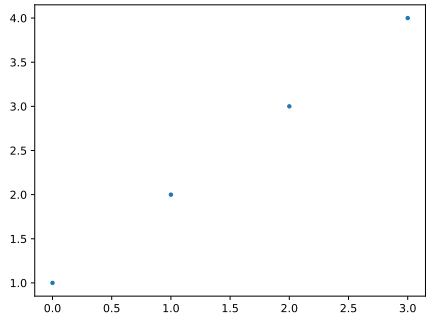
```
from matplotlib import pyplot as plt

plt.plot([1,2,3,4])
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

只画四点，不连线

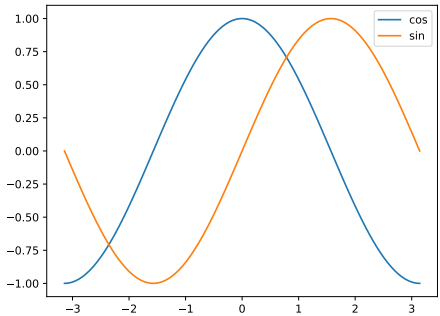
```
plt.plot([1,2,3,4], '.')
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

两条曲线

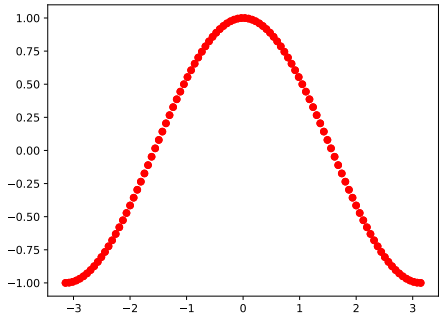
```
import numpy as np
t = np.linspace(-np.pi, np.pi, 100)
C, S = np.cos(t), np.sin(t)
plt.plot(t, C, label="cos")
plt.plot(t, S, label="sin")
plt.legend()
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

变成红色的点

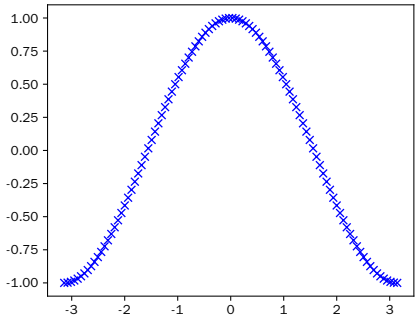
```
plt.plot(t, C, "ro") # 改成红色的圆点
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

点的形状

```
plt.plot(t, C, "bx") # 改成蓝色的 x
```



点形状列表

mark	symbol
.	point
,	pixel
o	circle
v	triangle down
^	triangle up
<	triangle left
>	triangle right
1	tri down
2	tri up
3	tri left
4	tri right
8	octagon
s	square

mark	symbol
p	pentagon
P	plus (filled)
*	star marker
h	hexagon1
H	hexagon2
+	plus
x	x
X	x (filled)
D	diamond
d	thin_diamond
|	vline
_	hline

线与颜色的形状

记号	线型
-	solid
--	dashed
-.	dash-dot
:	dotted

记号	颜色
b	blue
g	green
r	red
c	cyan
m	magenta
y	yellow
k	black
w	white

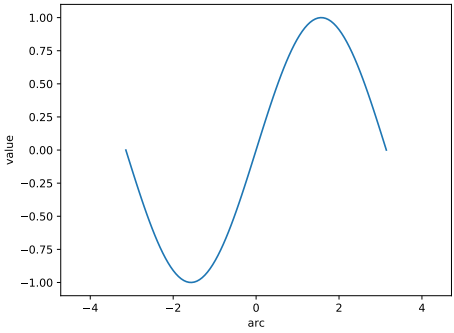
调整必要性

- 默认的图片，会有各类值得改进之处。
  - 坐标轴取值范围、风格、含义
  - 图片中的标记
  - 字体大小

坐标轴

- 显示范围、标注

```
plt.plot(t, S)
plt.xlim(t.min() * 1.5, t.max() * 1.5)
plt.xlabel("arc")
plt.ylabel("value")
```

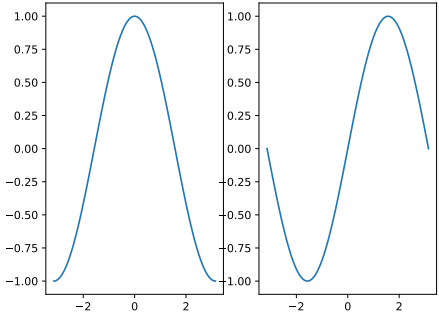


大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

子图

- 并列绘图，调整图的显示范围

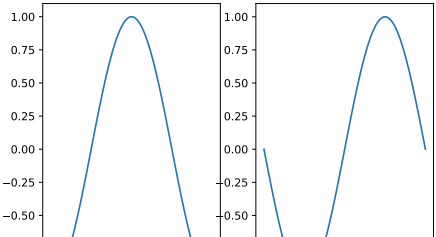
```
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(t, C)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(t, S)
```



子图上的大标题

- `suptitle()` 用来给子图添加大标题。

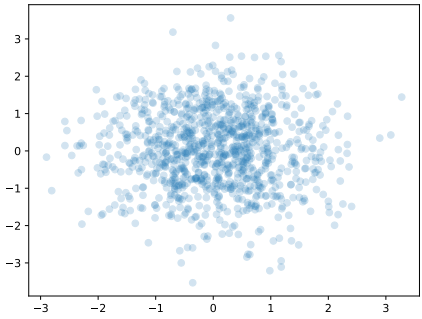
```
plt.clf() # clear figure
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(t, C, 'rH', label="cos")
plt.legend()
plt.ylabel("amplitude")
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(t, S, 'b.', label="sin")
plt.xlabel("t/s")
plt.suptitle(r"$\int \sin(t) \mathrm{d}t = \cos(t)$ waves 波形")
plt.legend()
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

散点图

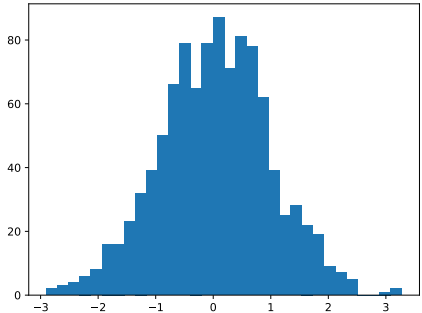
```
n = 1024
X = np.random.normal(0, 1, n)
Y = np.random.normal(0, 1, n)

plt.scatter(X, Y, alpha=0.2)
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

直方图

```
plt.hist(X, bins=32)
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

画院系的统计

```
import pandas as pd
dep = pd.read_csv("departments.csv", header=None)
plt.hist(list(dep[0]))
```

图的横轴间距不太理想。

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

平铺

- 表现简单的三维数据

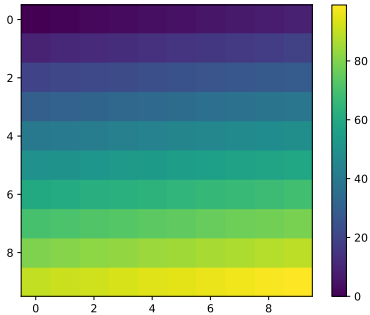
```
img = np.arange(100).reshape(10, 10)
print(img)
```

```
[[ 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9]
 [10 11 12 13 14 15 16 17 18 19]
 [20 21 22 23 24 25 26 27 28 29]
 [30 31 32 33 34 35 36 37 38 39]
 [40 41 42 43 44 45 46 47 48 49]
 [50 51 52 53 54 55 56 57 58 59]
 [60 61 62 63 64 65 66 67 68 69]
 [70 71 72 73 74 75 76 77 78 79]
 [80 81 82 83 84 85 86 87 88 89]
 [90 91 92 93 94 95 96 97 98 99]]
```

大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

平铺（二）

```
plt.imshow(img)
plt.colorbar()
```



高斯分布的概率密度函数

```python
from scipy.stats import multivariate_normal

rv = multivariate_normal(mean=(0, 0), cov = ((1,0.5), (0.5,0.5)))
print(rv.pdf((0, 0))) # (x, y) -> f(x, y)

norm_x, norm_y = np.mgrid[-1:1:.01, -1:1:.01]
pos = np.dstack((norm_x, norm_y))
prob_density = rv.pdf(pos)
print(pos.shape, prob_density.shape)
```

```
0.31830988618379075
(200, 200, 2) (200, 200)
```

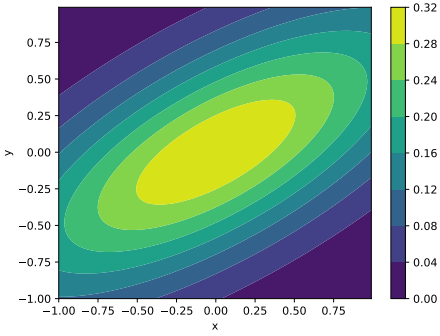
- 给 (i, j) 着色为 $f(x, y)$

$$(i, j) \to (x, y) \to f(x, y)$$

$$\texttt{pos}\ (i, j) \to (x, y)$$
$$\texttt{prob_density}\ (i, j) \to f(x, y)$$

绘制等高线图

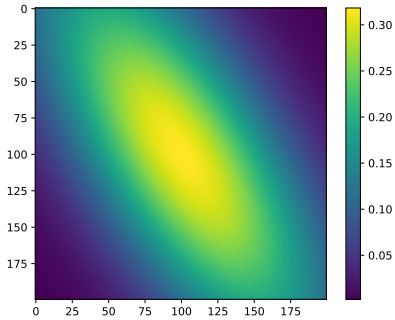
```
plt.contourf(norm_x, norm_y, prob_density)
plt.colorbar()
plt.xlabel("x")
plt.ylabel("y")
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

imshow 的原点约定不同

```
plt.imshow(prob_density)
plt.colorbar()
```



大作业
复习准备
Matplotlib
图片的调整
常用形式
多维元素的表现
Bessel 函数
更多样例

真三维图

来自 https://matplotlib.org/stable/gallery/mplot3d/contour3d_3.html#sphx-glr-gallery-mplot3d-contour3d-3-py 例子，用来绘制二维高斯分布

```
from mpl_toolkits.mplot3d import axes3d

ax = plt.figure().add_subplot(projection='3d')
# Plot the 3D surface
ax.plot_surface(norm_x, norm_y, prob_density,
                edgecolor='royalblue', lw=0.5, rstride=8, cstride=8,
                alpha=0.3)

ax.set(xlim=(-1, 1), ylim=(-1, 1), zlim=(0, 0.4),
       xlabel='x', ylabel='y', zlabel='f(x,y)')
plt.show()
```

制作动画

- FuncAnimation
- 不断画图法

```
from matplotlib.backends.backend_pdf import PdfPages
with PdfPages("normal2d.pdf") as pp:
    for angle in range(0, 720, 5):
        ax.view_init(elev=angle, azim=45, roll=30)
        pp.savefig()
```

```
convert -verbose -delay 50 -density 100 normal2d.pdf normal2d.gif
```

绘制流线图

- 相图：(p, q) 的演化图，$p = m\dot{q}$
- 经典谐振子
  - $\dot{p} = -kq$
  - 取 $m = k = 1$ 每个 (p, q) 位置对应

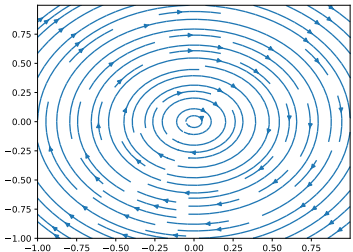
$$(\dot{p}, \dot{q}) = (-q, p)$$

绘制流线图（二）

- 表现矢量场

$$(i, j) \to (p, q) \to (\dot{p}, \dot{q})$$

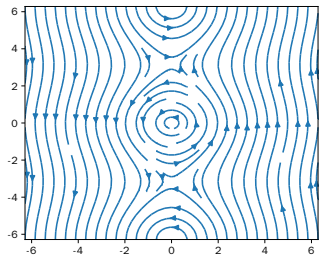
```
P, Q = np.mgrid[-1:1:.002, -1:1:.002]
dP = -Q # \dot{p}
dQ = P  # \dot{q}
plt.streamplot(Q, P, dQ, dP)
```



课堂练习：非简谐轻杆单摆的相图

$$mL\ddot{\theta} = -mg\sin\theta$$

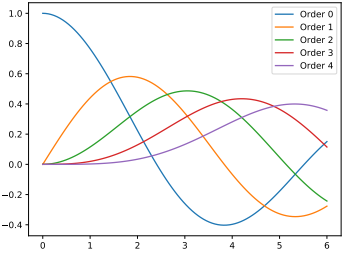
```
theta, eta = np.mgrid[-2*np.pi:2*np.pi:.005, -2*np.pi:2*np.pi:.005]
dtheta = eta
deta = -np.sin(theta)
plt.streamplot(eta, theta, deta, dtheta)
```



第一类 Bessel 函数

```
from scipy import special

x = np.linspace(0, 6, 100)
```

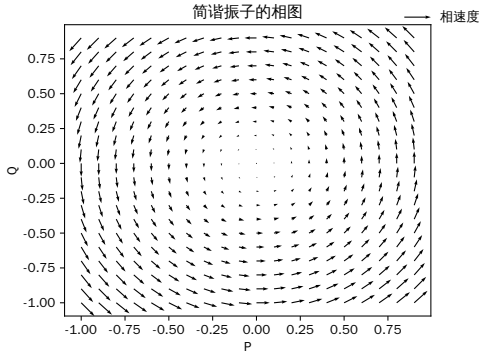
```
y_values = [ special.jv(n, x) for n in range(0, 5) ] # 第一类 Bessel 函数
for i, y in enumerate(y_values):
    plt.plot(x, y, label=f"Order {i}")
plt.legend()
plt.xlabel("x")
plt.ylabel("values of Bessel function")
```



Matplotlib 官方图片展

`https://matplotlib.org/stable/gallery/index.html`

- 看到需要的图，点进去可查看代码

矢量场

```
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.set_title('简谐振子的相图')
fig = ax1.quiver(P, Q, dP, dQ, units='width')
ax1.set(xlabel="P", ylabel="Q")
qk = ax1.quiverkey(fig, 0.9, 0.9, 2, '相速度', labelpos='E',
                   coordinates='figure')
```