

<https://github.com/KacperBudnik/AiSD/tree/main/List%205>

Zadanie 1

```
In [9]: import numpy as np
        from scipy import linalg
        from scipy.optimize import curve_fit as fit
        import timeit
        import random
        import matplotlib.pyplot as plt
        import time
```

```
In [2]: a = np.array([[3,2,0],[1,-1,0],[0,5,1]])
```

```
In [3]: b = np.array([2, 4, -1])
```

```
In [4]: x = linalg.solve(a,b)
```

```
In [5]: x
```

```
Out[5]: array([ 2., -2.,  9.])
```

```
In [6]: np.dot(a,x) == b
```

```
Out[6]: array([ True,  True,  True])
```

```
In [7]: def solve_n_time(n,a=-50,b=50,times=1):
        x=np.random.randint(a,b+1,n)
        A=np.random.randint(a,b+1,(n,n))
        b=[sum(x[i]*a[i] for i in range(n)) for a in A]

        return timeit.timeit("linalg.solve(A,b)","from scipy import linalg",number=times)
```

```
In [72]: def solve_n_time(n,a=-128,b=128,times=1):
        x=np.random.randint(a,b+1,n)
        A=np.random.randint(a,b+1,(n,n))
        b=[sum(x[i]*a[i] for i in range(n)) for a in A]

        return timeit.timeit("linalg.solve(A,b)","from scipy import linalg",number=times)
```

```
In [85]: for tim in [1, 2, 5, 10, 50, 100]:
        times=np.zeros(15)
        name="Czasy/"+str(tim)+"_prob.txt"
        for i in range(15):
            times[i]=solve_n_time(2**i,times=tim)
        times_log=[np.log2(k) for k in times]

        f = open(name, "w")
        f.write("Liczba prób\tCzas\tLogarytm Czasu\n")
        for i in range(15):
            f.write("2^"+str(i)+"\t\t"+str(times[i])+"\t"+str(times_log[i])+"\n")
        f.close()
```

```
In [39]: f=open("Czasy/last_prob.txt","r")
```

```
In [40]: times=np.zeros(15)
```

```
In [41]: for i in range(15):
         times[i]=float(f.readline())
```

```
In [20]: times=[i/100 for i in times] # Bo w pliku są czasy 100 prób
```

```
In [26]: log_times=[np.log2(i) for i in times]
```

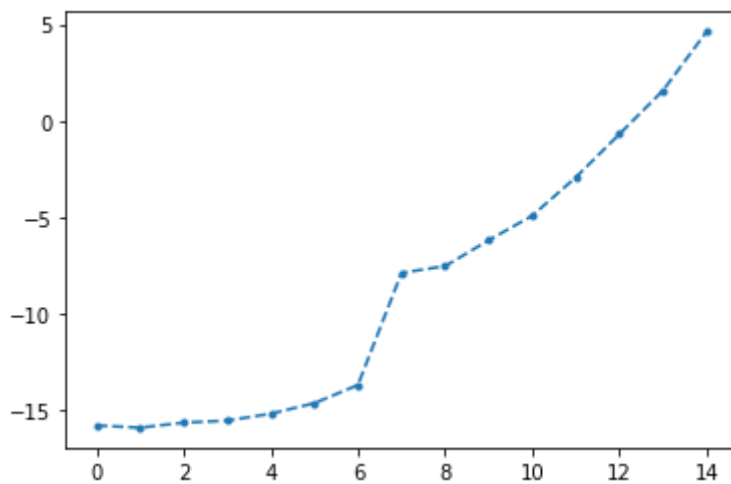
```
In [53]: for i in range(15):
         print("$2^"+str(i)+"$|"+str(times[i])+"|"+str(np.log2(times[i]))+"|")
```

```
|$2^0$|1.805799998692237e-05|-15.757002358402625|
|$2^1$|1.666399999521673e-05|-15.87290573035973|
|$2^2$|1.9956999967689626e-05|-15.612745610326426|
|$2^3$|2.1466000034706668e-05|-15.507587089375045|
|$2^4$|2.75060000421945e-05|-15.149894118092835|
|$2^5$|4.0097000019159166e-05|-14.60614617340216|
|$2^6$|7.695699998294003e-05|-13.665587914857122|
|$2^7$|0.004303864999965299|-7.860151459308244|
|$2^8$|0.00547669899999164|-7.512477692802556|
|$2^9$|0.013877281000022777|-6.17113126393692|
|$2^10$|0.033421334000013306|-4.903086870594826|
|$2^11$|0.13277947399998083|-2.9128959530759806|
|$2^12$|0.6239430720000382|-0.6805136899822751|
|$2^13$|2.9884126700000344|1.5793793836874748|
|$2^14$|24.68550556999995|4.6255922872972475|
```

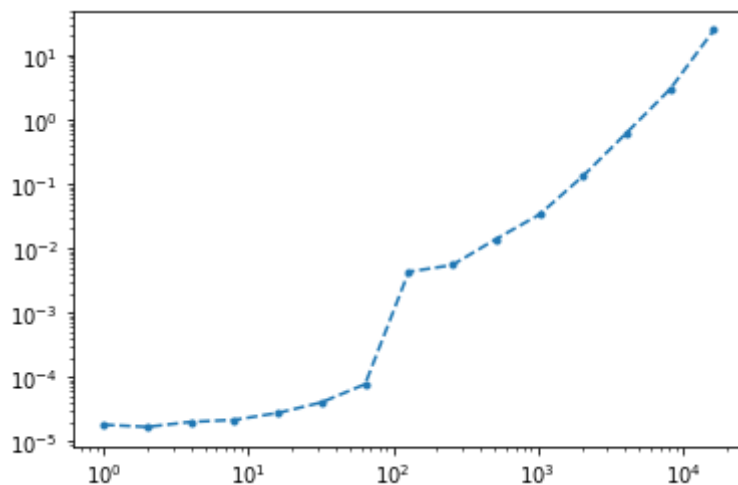
Wielkość macierzy	Czas wykonania	$\log_2(\text{Czas})$
2^0	1.805799998692237e-05	-15.757002358402625
2^1	1.666399999521673e-05	-15.87290573035973
2^2	1.9956999967689626e-05	-15.612745610326426
2^3	2.1466000034706668e-05	-15.507587089375045
2^4	2.75060000421945e-05	-15.149894118092835
2^5	4.0097000019159166e-05	-14.60614617340216
2^6	7.695699998294003e-05	-13.665587914857122
2^7	0.004303864999965299	-7.860151459308244
2^8	0.00547669899999164	-7.512477692802556
2^9	0.013877281000022777	-6.17113126393692
2^{10}	0.033421334000013306	-4.903086870594826
2^{11}	0.13277947399998083	-2.9128959530759806
2^{12}	0.6239430720000382	-0.6805136899822751
2^{13}	2.9884126700000344	1.5793793836874748
2^{14}	24.68550556999995	4.6255922872972475

```
In [33]: plt.plot(range(15),log_times,marker='.', linestyle='--')
```

```
Out[33]: [<matplotlib.lines.Line2D at 0x25aca49feb0>]
```

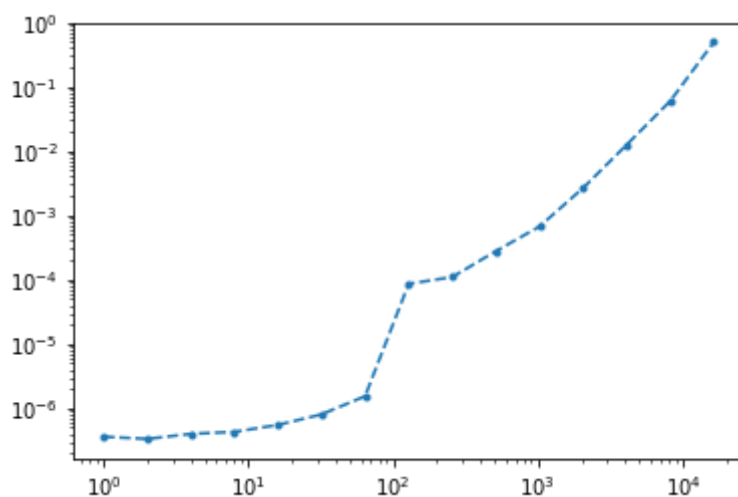


```
In [38]: x=[2**i for i in range(15)]
plt.plot(x,times,marker='.', linestyle='--')
plt.xscale('log')
plt.yscale('log')
```



```
In [42]: times_50=[i/50 for i in times] # Bo w pliku są czasy 100 prób
```

```
In [43]: x=[2**i for i in range(15)]
plt.plot(x,times_50,marker='.', linestyle='--')
plt.xscale('log')
plt.yscale('log')
```



```
In [44]: def curve(x,a,b,n):
return a*x**n+b
```

```
In [56]: fit(curve,x,times_50)[0][2] # wartość n
```

```
Out[56]: 3.0288020496548214
```

Stąd wynika, że program ma złożoność czasową w przybliżeniu $O(n^3)$

Wynik chyba się zgadza <http://www.netlib.org/lapack/lug/node71.html>

Zadanie 2

Z poprzedniej listy

Implementacja stosu (delikatnie zmodyfikowanego, funkcja peek)

```
In [4]: import numpy as np

class Node:

    def __repr__(self):
        return str(self.data)

    def __init__(self, init_data):
        self.data = init_data
        self.next = None

    def get_data(self):
        return self.data

    def get_next(self):
        return self.next

    def set_data(self, new_data):
        self.data = new_data

    def set_next(self, new_next):
        self.next = new_next

class UnorderedList(object):

    def __init__(self):
        self.head = None

    def is_empty(self):
        return self.head == None

    def add(self, item):
        temp = Node(item)
        temp.set_next(self.head)
        self.head = temp

    def size(self):
        current = self.head
        count = 0
        while current != None:
            count = count + 1
            current = current.get_next()
        return count

    def search(self, item):
```

```

current = self.head
found = False
while current != None and not found:
    if current.get_data() == item:
        found = True
    else:
        current = current.get_next()
return found

def remove(self, item):
    current = self.head
    previous = None
    found = False

    while not found:
        if current.get_data() == item:
            found = True
        else:
            previous = current
            current = current.get_next()

    if previous == None: #jeśli usuwamy pierwszy element
        self.head = current.get_next()
    else:
        previous.set_next(current.get_next())

#####
#                               Uzupełnienie
#####

def append(self, item):
    """
    Metoda dodająca element na koniec listy.
    Przyjmuje jako argument obiekt, który ma zostać dodany.
    Niczego nie zwraca.
    """
    if self.head:
        current=self.head
        while current:
            previous=current
            current=current.get_next()
        previous.set_next(Node(item))
    else:
        self.add(item)

def index(self, item):
    """
    Metoda podaje miejsce na liście,
    na którym znajduje się określony element -
    element pod self.head ma indeks 0.
    Przyjmuje jako argument element,
    którego pozycja ma zostać określona.
    Zwraca pozycję elementu na liście lub None w przypadku,
    gdy wskazanego elementu na liście nie ma.
    """
    current = self.head
    found = False
    i=0
    while current != None and not found:
        if current.get_data() == item:
            found = True
        else:
            current = current.get_next()

```

```

        i+=1
    return i if found else None

def insert(self, pos, item):
    """
    Metoda umieszcza na wskazanej pozycji zadany element.
    Przyjmuje jako argumenty pozycję,
    na której ma umieścić element oraz ten element.
    Niczego nie zwraca.
    Rzuca wyjątkiem IndexError w przypadku,
    gdy nie jest możliwe umieszczenie elementu
    na zadanej pozycji (np. na 5. miejsce w 3-elementowej liście).
    """
    current = self.head
    previous=None
    while current != None and pos >0:
        pos-=1
        previous=current
        current=current.get_next()

    if pos == 0:
        if previous:
            if current:
                previous.set_next(Node(item))
                previous.get_next().set_next(current)
            else:
                previous.set_next(Node(item))
        else:
            self.add(item)
    else:
        raise IndexError("Wyjście poza zakres")

def pop(self, pos=-1):
    """
    Metoda usuwa z listy element na zadanej pozycji.
    Przyjmuje jako opcjonalny argument pozycję,
    z której ma zostać usunięty element.
    Jeśli pozycja nie zostanie podana,
    metoda usuwa (odłącza) ostatni element z listy.
    Zwraca wartość usuniętego elementu.
    Rzuca wyjątkiem IndexError w przypadku,
    gdy usunięcie elementu z danej pozycji jest niemożliwe.
    """
    n=self.size()
    if pos + 1 > n or -pos > n:
        raise IndexError("Wyjście poza zakres")

    if pos > 0:
        i = pos
    elif pos == 0:
        temp=self.head
        self.head=self.head.get_next()
        return temp.get_data()
    else:
        i = n + pos

    if i==0:
        temp=self.head
        self.head=self.head.get_next()
        return temp.get_data()

    current = self.head

```

```

for _ in range(i-1):
    current = current.get_next()
temp=current.get_next()
current.set_next(current.get_next().get_next())
return temp.get_data()

```

```

#####
#                                                                 Dodatkowe
#####

```

```

def __repr__(self):
    current=self.head
    tab=[]
    while current:
        tab.append(current.get_data())
        current=current.get_next()
    return str(tab)

def reverse(self):
    """
    Metoda odwraca kolejność elementów w liście
    """
    temp=[]
    current=self.head
    while current:
        temp.append(current)
        current=current.get_next()

    current=temp.pop()
    current.set_next(temp.pop())
    self.head=current

    while temp:
        current=current.get_next()
        current.set_next(temp.pop())
        current.get_next().set_next(None)

def count(self, item):
    """
    Metoda zwraca liczbę danego elementu z listy
    """
    i=0
    current=self.head
    while current:
        i += 1 if current.get_data()==item else 0
        current = current.get_next()
    return i

def shuffle(self):
    """
    Metoda permutuje listę
    """
    temp=[]
    current=self.head
    while current:
        temp.append(current)
        current=current.get_next()

    temp = [i for i in np.random.permutation(temp)]

    current=temp.pop()
    current.set_next(temp.pop())

```

```

self.head=current

while temp:
    current=current.get_next()
    current.set_next(temp.pop())
    current.get_next().set_next(None)

def __eq__(self, other):

    if type(other) == UnorderedList:
        current_self = self.head
        current_other = other.head

        while current_self and current_other:
            if current_self.get_data() != current_other.get_data():
                return False
            current_self = current_self.get_next()
            current_other = current_other.get_next()
        if current_self or current_other:
            return False
        return True
    raise TypeError("'==' not supported between instances of 'UnorderedList' and")

def same_element(self, other):
    """
    Sprawdza, czy kolejki mają takie same elementy (i ich liczbę)
    """
    temp_self = []
    temp_other = []
    current=self.head
    while current:
        temp_self.append(current.get_data())
        current = current.get_next()

    current=other.head
    while current:
        temp_other.append(current.get_data())
        current = current.get_next()

    while temp_self and temp_other:
        temp = temp_self.pop()
        for i in range(len(temp_other)):
            if temp==temp_other[i]:
                temp_other.pop(i)
                break
        else:
            return False
    return False if temp_self or temp_other else True

def same_type_of_elements(self, other):
    """
    Sprawdza, czy wszystkie elementy jednego są w drugim
    """
    temp_self = []
    temp_other = []
    current=self.head
    while current:
        temp_self.append(current.get_data())
        current = current.get_next()

    current=other.head
    while current:
        temp_other.append(current.get_data())

```



```

        current = current.get_next()

    return all(i in temp_self for i in temp_other) and all(i in temp_other for i

def __getitem__(self, pos):
    n=self.size()

    if pos + 1 > n or -pos > n:
        raise IndexError("Wyjście poza zakres")

    if pos > 0:
        i = pos
    elif pos == 0:
        return self.head.get_data()
    else:
        pos = n + pos

    current=self.head
    while current and pos > 0:
        current = current.get_next()
        pos-=1

    return current.get_data()

def __contein__(self, item):
    return self.search(item)

def __len__(self):
    return self.size()

```

In [148...

```

class StackUsingUL(object):
    def __init__(self):
        self.item = UnorderedList()

    def is_empty(self):
        """
        Metoda sprawdzającą, czy stos jest pusty.
        Nie pobiera argumentów.
        Zwraca True lub False.
        """
        return self.item.is_empty()

    def push(self, item):
        """
        Metoda umieszcza nowy element na stosie.
        Pobiera element, który ma zostać umieszczony.
        Niczego nie zwraca.
        """
        self.item.append(item)

    def pop(self):
        """
        Metoda ściąga element ze stosu.
        Nie przyjmuje żadnych argumentów.
        Zwraca ściągnięty element.
        Jeśli stos jest pusty, rzuca wyjątkiem IndexError.
        """
        return self.item.pop()

    def peek(self):
        """
        Metoda podaje wartość elementu na wierzchu stosu

```

```

nie ściągać go.
Nie pobiera argumentów.
Zwraca wierzchni element stosu.
Jeśli stos jest pusty, rzuca wyjątkiem IndexError.
"""
return self.item[-1] if self.size()>0 else float('inf') # Zmodyfikowane, jeśli

def size(self):
    """
    Metoda zwraca liczbę elementów na stosie.
    Nie pobiera argumentów.
    Zwraca liczbę elementów na stosie.
    """
    return self.item.size()

```

In [208...

```

from numpy import base_repr

def Hanoi(n:int,sticks:tuple=(1,2),only_one:bool=False):
    """Algorytm krok po kroku rozwiązujący problem Wieży Hanoi
    n - liczba krążków
    sticks - dwuelementowa krotka z różnymi liczbami ze zbioru {1,2,3} oznaczającą
    tory chcemy przełożyć krążki
    only_one - jeśli prawda to krążek można przełożyć jedynie na krążek słupek o

    if type(n) is not int or type(sticks) is not tuple:
        raise ValueError("Niepoprawne dane wejściowe")

    if len(sticks)!=2 or sticks[0] not in (1,2,3) or sticks[1] not in (1,2,3):
        raise ValueError("Złe dane wejściowe")

    if sticks[0]==sticks[1]:
        print("Wieża ułożona!")
        return None

    if n == 0:
        print("Wieża jest ułożona")
        return None

    if n < 0:
        raise ValueError("Liczba krążków musi być liczbą naturalną")

    last=6//(sticks[1]*sticks[0]) # numer ostatniego krążka
    Stick=[StackUsingUL(),StackUsingUL(),StackUsingUL()]
    for i in range(n):
        Stick[sticks[0]-1].push(n-i)

    if only_one:
        d="""if sticks[1]==2:
            prev=n*"0"
            right=True
            for i in range(1,3*n//2+1):
                nxt=(n-len(base_repr(i,base=3)))*"0"+str(base_repr(i,base=3))
                size=1

                while int(nxt[-size])-int(prev[-size])!=1:
                    size+=1

            if size==Stick[0].peek():
                print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 1 na palik 2")
                Stick[1].push(Stick[0].pop())
                right=True
                #print(Stick[0].peek())

```

```

elif size==Stick[2].peek():
    print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 3 na palik 2")
    Stick[1].push(Stick[2].pop())
    right=False
    #print(2)

elif right and Stick[1].peek()<Stick[2].peek():
    print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 3")
    Stick[2].push(Stick[1].pop())
    #print(3)

elif not right and Stick[1].peek()<Stick[0].peek():
    print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 1")
    Stick[0].push(Stick[1].pop())
    #print(4)

elif Stick[1].peek()<Stick[2].peek():
    print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 3")
    Stick[2].push(Stick[1].pop())
else:
    print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 1")
    Stick[0].push(Stick[1].pop())

prev=nxt""

prev=n*"0"

if sticks[0]!=2:
    start=1
    if sticks[1]==2:
        ends=3**n//2+1
    else:
        ends=3**n
else:
    start=3**n//2+1
    ends=3**n
    right=True
    if sticks[1]==1:
        right=False

for i in range(start,ends):
    nxt=(n-len(base_repr(i,base=3)))*"0"+str(base_repr(i,base=3))
    size=1

    while int(nxt[-size])-int(prev[-size])!=1:
        size+=1

    if size==Stick[0].peek():
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 1 na palik 2")
        Stick[1].push(Stick[0].pop())
        right=True
        #print(Stick[0].peek())

    elif size==Stick[2].peek():
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 3 na palik 2")
        Stick[1].push(Stick[2].pop())
        right=False
        #print(2)

    elif right and Stick[1].peek()<Stick[2].peek():
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 3")
        Stick[2].push(Stick[1].pop())
        #print(3)

    elif not right and Stick[1].peek()<Stick[0].peek():
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 1")

```

```

        Stick[0].push(Stick[1].pop())
        #print(4)
    elif Stick[1].peek() < Stick[2].peek():
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 3")
        Stick[2].push(Stick[1].pop())
    else:
        print("Przenieś klocek o rozmiarze",size,"z palika 2 na palik 1")
        Stick[0].push(Stick[1].pop())

    prev=nxt

    else:
        def hanoi(n,A,B,C,order):
            if n>0:
                hanoi(n-1,A,C,B,(order[0],order[2],order[1]))
                print("Przenieś klocek o rozmiarze",A.peek(),"z palika",order[0],"na",
                    C.push(A.pop()))
                hanoi(n-1,B,A,C,(order[1],order[0],order[2]))

            hanoi(n,Stick[sticks[0]-1],Stick[sticks[1]-1],Stick[last-1],(sticks[0],stick
            print("Wieża ułożona!")
        return None

```

In [209... Hanoi(3,(1,3))

```

Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 3 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Wieża ułożona!

```

In [210... Hanoi(3)

```

Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 3 z palika 1 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 3
Wieża ułożona!

```

In [211... Hanoi(2,(1,3),True)

```

Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Wieża ułożona!

```

In [212... Hanoi(3,(1,2),True)

```

Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 3

```

```
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 3 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Wieża ułożona!
```

In [213]...

Hanoi(3,(3,2),True)

```
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 3 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Wieża ułożona!
```

In [214]...

Hanoi(3,(2,3),True)

```
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 3 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 3 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 1
Przenieś klocek o rozmiarze 2 z palika 2 na palik 3
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 1 na palik 2
Przenieś klocek o rozmiarze 1 z palika 2 na palik 3
Wieża ułożona!
```

Zadanie 3 i 4

In [64]:

import turtle as tr

In [65]:

```
def koch(n, size, first = False):
    if (first):
        tr.speed(5*(4/3)**n) # przyspiesza dla duzych n by wszystkie krzywe wykonywa
        tr.clear()
        tr.penup()
        tr.goto(-size/2,size/2)
        tr.pendown()
        koch(n, size);
        tr.left(-120);
        koch(n, size);
        tr.left(-120);
        koch(n, size);
        tr.left(-120);
    else:
        if (n > 0) :
            koch(n - 1, size / 3);
            tr.left(60);
            koch(n - 1, size / 3);
```

```

        tr.left(-120);
        koch(n - 1, size / 3);
        tr.left(60);
        koch(n - 1, size / 3);
    else:
        tr.forward(size);

    return False;

```

In [73]: `koch(0,400,True)`

Out[73]: False

```

In [74]: def hilbert(n,size,angle=90,first=False):
        if first:
            tr.goto(-size/2,-size/2)
            tr.clear()
            tr.left(-tr.heading()+90)
            size=size/(2**n-1)
        if n > 0:
            tr.right(angle)
            hilbert(n-1,size,-angle)
            tr.forward(size)
            tr.left(angle)
            hilbert(n-1,size,angle)
            tr.forward(size)
            hilbert(n-1,size,angle)
            tr.left(angle)
            tr.forward(size)
            hilbert(n-1,size,-angle)
            tr.right(angle)

```

In [78]: `hilbert(5,400,90,True)`

In [26]: `tr.pendown()`

In [160... `tr.speed(0)`

```

In [34]: def hilbert(level, angle, step):

        # Input Parameters are numeric
        # Return Value: None
        if level == 0:
            return

        tr.right(angle)
        hilbert(level-1, -angle, step)

        tr.forward(step)
        tr.left(angle)
        hilbert(level-1, angle, step)

        tr.forward(step)
        hilbert(level-1, angle, step)

        tr.left(angle)
        tr.forward(step)
        hilbert(level-1, -angle, step)
        tr.right(angle)

```

In [168... Hilbert(3,90,25)

Terminator

Traceback (most recent call last)

<ipython-input-168-bac71bcb6a39> in <module>

----> 1 Hilbert(3,90,25)

<ipython-input-32-de81c1167838> in Hilbert(level, angle, step)

```
14
15     tr.forward(step)
---> 16     hilbert(level-1, angle, step)
17
18     tr.left(angle)
```

<ipython-input-147-35d17e82505f> in hilbert(n, size, angle, first)

```
7     if n > 0:
8         tr.right(angle)
----> 9         hilbert(n-1, size, -angle)
10         tr.forward(size)
11         tr.left(angle)
```

<ipython-input-147-35d17e82505f> in hilbert(n, size, angle, first)

```
11         tr.left(angle)
12         hilbert(n-1, size, angle)
---> 13         tr.forward(size)
14         hilbert(n-1, size, angle)
15         tr.left(angle)
```

c:\users\kacper\appdata\local\programs\python\python39\lib\turtle.py in forward(distance)

Terminator: