

## Лабораторная работа 4.3.6

# Саморепродукция

In [4]:

```
import numpy as np
import scipy as ps
import pandas as pd
import math
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
```

## А. Исследование двумерных решеток

### Определение периода решеток по их пространственному спектру

Для каждой сетки определим расстояние  $x$  между соседними дифракционными максимумами на экране:

In [47]:

```
data = pd.read_excel('lab-436.xlsx', 'table1')
pd.DataFrame(data)
```

Out[47]:

|   | № | X   | m | X/m, мм   |
|---|---|-----|---|-----------|
| 0 | 1 | 163 | 6 | 27.166667 |
| 1 | 2 | 108 | 6 | 18.000000 |
| 2 | 3 | 45  | 5 | 9.000000  |
| 3 | 4 | 22  | 5 | 4.400000  |
| 4 | 5 | 14  | 4 | 3.500000  |

Расстояние от касеты до экрана –  $L$ , длина волны лазера –  $\lambda$ .

In [48]:

```
# В мм:
L = 10**(3)
Lambda = 532 * 10**(-6)
```

Используем формулу  $d = \frac{\lambda L}{x} d = \frac{\lambda L}{x}$ , где  $xx$  – расстояние между соседними максимумами.

In [66]:

```
d_method1 = list()
for i in range(len(data)):
    d_method1.append(L * Lambda / data.values[i, 3])
pd.DataFrame(d_method1, columns=['$d$, MM'], index=range(1, 6))
```

Out[66]:

|   | <i>dd</i> , мм |
|---|----------------|
| 1 | 0.019583       |
| 2 | 0.029556       |
| 3 | 0.059111       |
| 4 | 0.120909       |
| 5 | 0.152000       |

## Определение периода решеток с помощью линзы

Определим размеры клеток, полученных с помощью линзы, на экране (рассматриваем геометрическое изображение решётки) ( $DD$ ). Расстояние от линзы до сетки  $aa$ , от линзы до экрана  $bb$ , тогда период сетки считается по формуле  $d = D \frac{a}{b} d = D \frac{a}{b}$ .

In [73]:

```
data4 = pd.read_excel('lab-436.xlsx', 'table4')
d_method2 = []
for i in range(len(data4)):
    d_method2.append(data4.values[i, 0])
pd.DataFrame(d_method2, index = range(1, 6), columns = ['d, MM'])
```

Out[73]:

|   | d, мм   |
|---|---------|
| 1 | 0.01270 |
| 2 | 0.02549 |
| 3 | 0.04961 |
| 4 | 0.11804 |
| 5 | 0.15980 |

# Исследование эффекта саморепродукции с помощью сеток

Получим на экране геометрическое изображение сетки. Перемещая линзу с помощью микровинта, определим координаты  $z_n z_n$  плоскостей саморепродукции, соответствующих четкому изображению сетки на экране.

In [11]:

```
data2 = pd.read_excel('lab-436.xlsx', 'table2')
pd.DataFrame(data2)
```

Out[11]:

|   | z_0  | z_1  | z_2  | z_3  | z_4  | z_5  | z_6  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | NaN  | NaN  | NaN  | NaN  | NaN  | NaN  | NaN  |
| 1 | 58.0 | 52.0 | 50.0 | 48.0 | 46.0 | 44.0 | 42.0 |
| 2 | 58.0 | 50.0 | 44.0 | 37.0 | 29.0 | 19.0 | NaN  |
| 3 | 58.0 | 45.0 | 38.0 | 17.0 | NaN  | NaN  | NaN  |
| 4 | 58.0 | 35.0 | 8.0  | NaN  | NaN  | NaN  | NaN  |

Построим график  $z_n = f(n)z_n = f(n)$ , по коэффициенту наклона графика  $kk$  определим период решетки:  $d = \sqrt{\frac{k\lambda}{2}} d = \sqrt{\frac{k\lambda}{2}}$ .

In [34]:

```
def plot_set(x, y):

    new_x = []
    new_y = []

    for index in range(len(y)):
        x_part = []
        y_part = []
        for old_x, old_y in zip(x[index], y[index]):
            if not (math.isnan(old_x) or math.isnan(old_y)):
                x_part.append(old_x)
                y_part.append(old_y)
        if y_part:
            new_x.append(x_part)
            new_y.append(y_part)

    k = [0 for _ in range(len(new_y))]
    b = [0 for _ in range(len(new_x))]

    for i in range(len(new_y)):
        k[i], b[i] = np.polyfit(new_x[i], new_y[i], deg=1)

    plt.figure(figsize=(14, 8))

    for i in range(len(new_y)):
        new_x[i] = np.array(new_x[i], dtype=float)
        new_y[i] = np.array(new_y[i], dtype=float)
        plt.subplot(2, 2, i + 1)

        plt.subplots_adjust(left=None, bottom=None, right=None, top=None, wspace=None, hspace=0.3)

        plt.title(i + 1)
        plt.xlabel('n')
        plt.ylabel('$z_n$')
        plt.scatter(new_x[i], new_y[i])
        plt.plot(new_x[i], k[i] * new_x[i] + b[i])

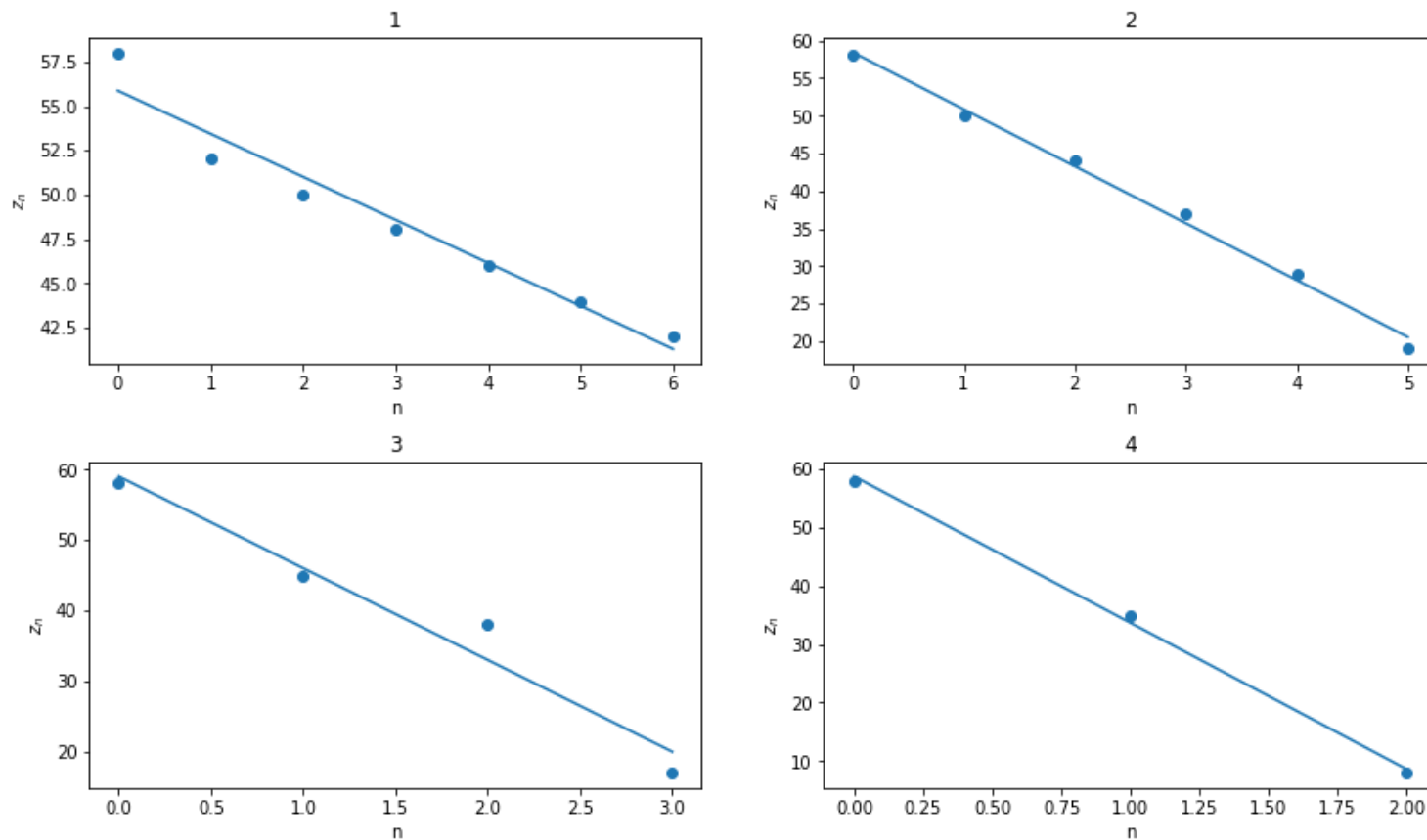
    plt.legend()
    plt.show()

    return k
```

In [35]:

```
y = []
x = []
for i in range(5):
    y.append(data2.values[i, :].tolist())
    x.append(list(range(7)))

k1 = plot_set(x, y)
```



In [36]:

```
def print_k(k):
    for i in range(len(k)):
        print('k[' + str(i + 1) + ']' = ', k[i], sep='')

print_k(k1)
```

```
k[1] = -2.42857142857
k[2] = -7.57142857143
k[3] = -13.0
k[4] = -25.0
```

Определим значения периодов решеток, используя найденные коэффициенты.

In [75]:

```
d_method3 = []
for i in range(len(k1)):
    d_method3.append((-1) * k1[i] * Lambda / 2)**0.5)
pd.DataFrame(d_method3, columns=['$d$, мм'], index=range(1, 5))
```

Out[75]:

|   |               |
|---|---------------|
|   | <i>dd, мм</i> |
| 1 | 0.025417      |
| 2 | 0.044878      |
| 3 | 0.058805      |
| 4 | 0.081548      |

Сведем результаты измерения решеток тремя способами в единую таблицу.

In [76]:

```
d_list = []
d_list.append(d_method1)
d_list.append(d_method2)
d_method3.insert(0, 'NaN')
d_list.append(d_method3)
pd.DataFrame(d_list, index=['спектр', 'линза', "саморепродукция"], columns=[0, 1, 2, 3, 4])
```

Out[76]:

|                 |           |          |          |          |          |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
|                 | 0         | 1        | 2        | 3        | 4        |
| спектр          | 0.0195828 | 0.029556 | 0.059111 | 0.120909 | 0.152000 |
| линза           | 0.0127    | 0.025490 | 0.049610 | 0.118040 | 0.159800 |
| саморепродукция | NaN       | 0.025417 | 0.044878 | 0.058805 | 0.081548 |

Результаты совпали по порядку величины.

## Б. Исследование решеток мира

Перемещая линзу с помощью микрометрического винта, определим по нониусной шкале координату плоскости, соответствующей изображению мира на экране по законам геометрической оптики, и координаты плоскостей саморепродукции.

### Определение периода решеток с помощью саморепродукции

In [39]:

```
data3 = pd.read_excel('lab-436.xlsx', 'table3')
data3.head(len(data))
```

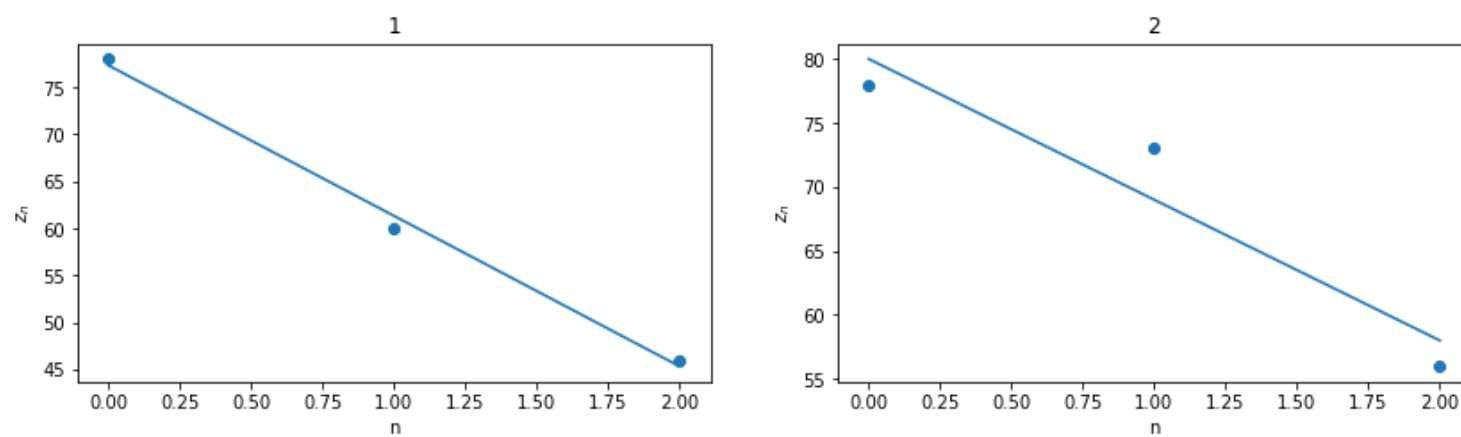
Out[39]:

|   | z_n (№25) | z_n (№20) |
|---|-----------|-----------|
| 0 | 78        | 78        |
| 1 | 60        | 73        |
| 2 | 46        | 56        |

In [40]:

```
y = []
x = []
for i in range(2):
    y.append(data3.values[:, i].tolist())
    x.append(list(range(3)))

k2 = plot_set(x, y)
```



In [41]:

```
print_k(k2)
```

```
k[1] = -16.0
k[2] = -11.0
```

In [42]:

```
d_method4 = []
for i in range(len(k2)):
    d_method4.append((-1) * k2[i] * Lambda / 2)**0.5)
pd.DataFrame(d_method4, columns=['$d$, MM'], index=['№25', '№20'])
```

Out[42]:

|     | <i>dd, MM</i> |
|-----|---------------|
| №25 | 0.065238      |
| №20 | 0.054093      |

## Определение периода решеток по пространственному спектру

In [43]:

```
d_25 = Lambda * 126 / (16 / 18)
d_20 = Lambda * 126 / (16 / 14)
d_method5 = list()
d_method5.append(d_25), d_method5.append(d_20)
pd.DataFrame(d_method5, columns=['$d$, MM'], index=['№25', '№20'])
```

Out[43]:

|     | <i>dd, MM</i> |
|-----|---------------|
| №25 | 0.075411      |
| №20 | 0.058653      |

## Определение периода решеток с помощью линзы

In [44]:

```
d_25 = 1.043 * (15 / 236)
d_20 = 1.107 * (12 / 233)
d_method6 = list()
d_method6.append(d_25), d_method6.append(d_20)
pd.DataFrame(d_method6, columns=['$d$, MM'], index=['№25', '№20'])
```

Out[44]:

|     | <i>dd, MM</i> |
|-----|---------------|
| №25 | 0.066292      |
| №20 | 0.057013      |



Сведем результаты измерения решеток миры тремя способами в одну таблицу.

In [45]:

```
d_list = []
d_list.append(d_method4)
d_list.append(d_method5)
d_list.append(d_method6)
pd.DataFrame(d_list, index=[ 'саморепродукция', 'спектр', 'линза' ], columns=[ '№25', '№20' ])
```

Out[45]:

|                 | №25      | №20      |
|-----------------|----------|----------|
| саморепродукция | 0.065238 | 0.054093 |
| спектр          | 0.075411 | 0.058653 |
| линза           | 0.066292 | 0.057013 |

Результаты совпали по порядку величины.