

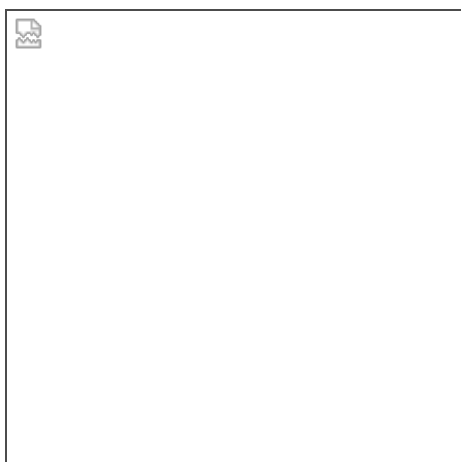
# Определение петли гистерезиса ферромагнетика магнитооптическим методом

Лабораторная работа № 12

## Экспериментальная часть

Измерение петли гистерезиса производится магнитооптическим методом с использованием эффекта Фарадея, который заключается во вращении плоскости поляризации света при прохождении через намагниченное вещество.

Блок-схема установки представлена на рисунке ниже:



1) лазер 2) образец 3) катушка 4) анализатор 5) фотоприёмник 6) усилитель 7) амперметр 8) резистор 9) осциллограф

## Получение гистерезиса на осциллографе

Соберём установку согласно схеме. Для начала воспользуемся лабораторным осциллографом. Включим установку и получим на осциллографе изображение гистерезиса. Начнём вращать анализатор, заметим что размер гистерезиса меняется, размер гистерезиса будем максимальными когда угол  $\gamma$  между осями поляризации и анализатора будет равен  $\gamma = 45^\circ$

## Измерение данных при помощи АЦП

Для снятия данных подключим выходы к АЦП. Максимальное напряжение считываемое АЦП равно 5 В. Чтобы не превысить это напряжение выставим нужный коэффициент усиления на усилителе, сопротивление резистора  $R = 1.8$  Ом. Далее по полученными данным построим график

```
In [8]: import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

from matplotlib import rcParams
rcParams['font.family'] = 'serif'
rcParams['mathtext.fontset'] = 'dejavuserif'
rcParams['figure.figsize'] = (10, 7)
rcParams['figure.dpi'] = 100
rcParams['axes.grid'] = True
rcParams['font.size'] = 14
# rcParams
```

```
In [3]: with open("kartashov.csv") as f:
        data = pd.read_csv(f)
```

```
In [4]: 2.5 / 2 ** 0.5
```

```
Out[4]: 1.7677669529663687
```

```
In [9]: x = data.y # напряжение на резисторе
        y = data.x # напряжение на фотодетекторе

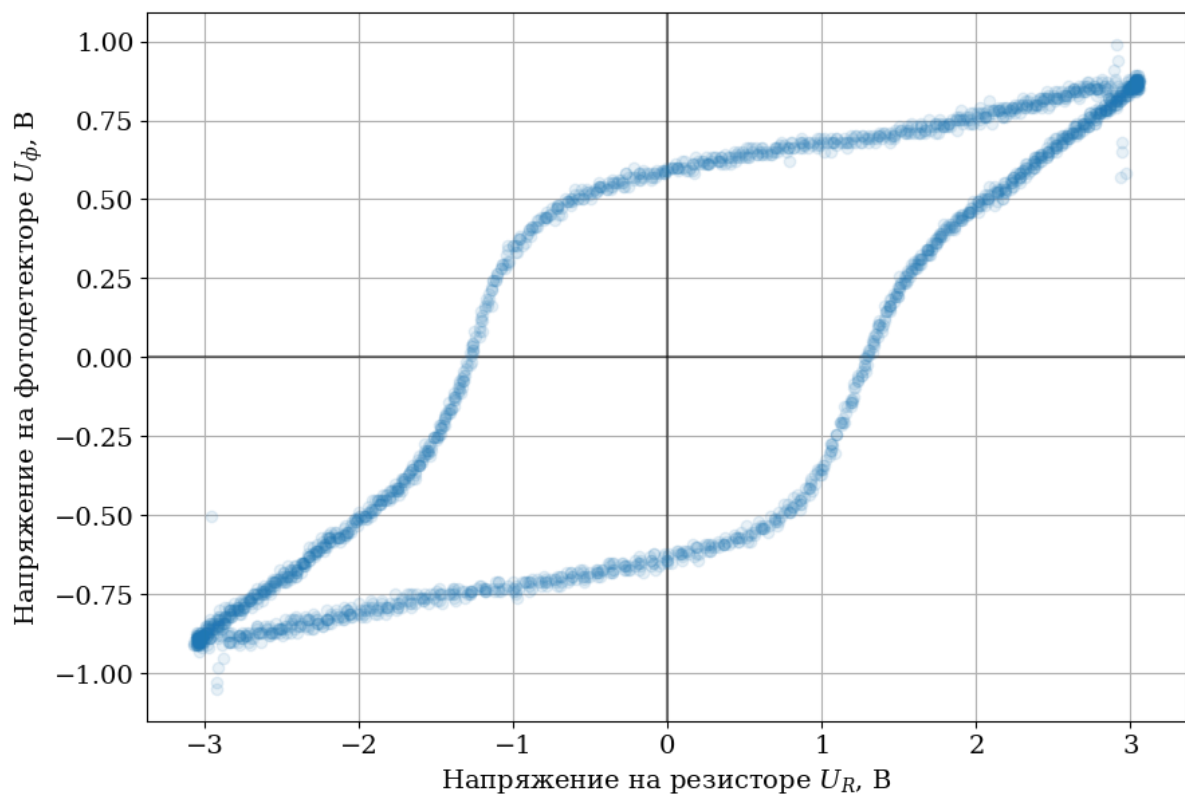
print(np.mean(x), np.mean(y))
# x = x - np.mean(x)
y = y - np.mean(y)

plt.scatter(x, y, alpha=0.1, zorder=3)

plt.xlabel("Напряжение на резисторе  $U_R$ , В")
plt.ylabel("Напряжение на фотодетекторе  $U_\phi$ , В")
plt.axvline(color="black", alpha=0.5)
plt.axhline(color="black", alpha=0.5)

plt.savefig("plot_1.pdf")
```

0.03145248127340825 0.06586395131086142



## Расчёт коэрцитивной силы и поля насыщения

По напряжению на резисторе рассчитаем ток в катушке. Напряжённость магнитного поля найдём из коэффициента калибровки катушки 150 Э/А

```
In [10]: x = data.y # напряжение на резисторе
y = data.x # напряжение на фотодетекторе

R = 2.5 / 2 ** 0.5 # сопротивление резистора
print(R)

print(np.mean(x), np.mean(y))
# x = x - np.mean(x)
y = y - np.mean(y)
x = x / R # I = U/R
x = 150 * x # H = I * 150 E/A

plt.scatter(x, y, alpha=0.2, zorder=3, marker='.', label="Измеренные точки")

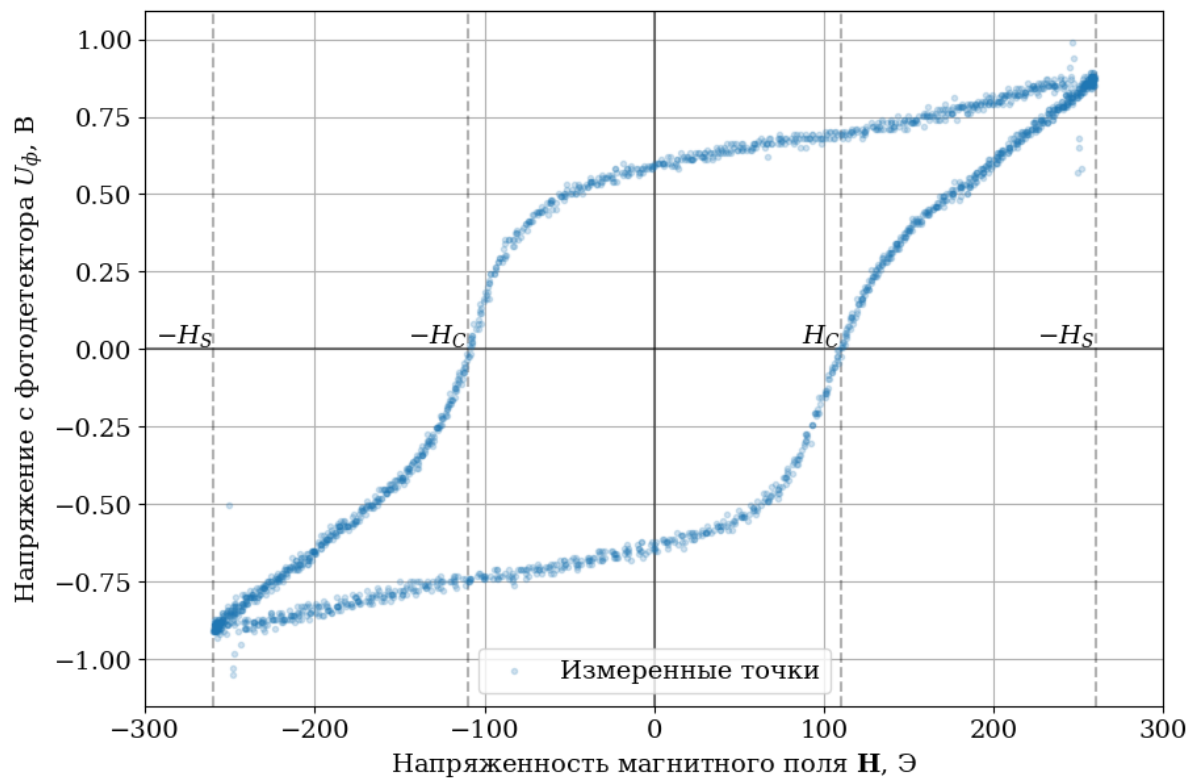
plt.xlabel("Напряженность магнитного поля  $\mathbf{H}$ , Э")
plt.ylabel("Напряжение с фотодетектора  $U_\phi$ , В")
plt.axvline(color="black", alpha=0.5)
plt.axhline(color="black", alpha=0.5)

plt.axvline(x = -110, color="black", alpha=0.3, ls='--')
plt.text(-110, 0, "$-H_C$", ha="right", va="bottom")
plt.axvline(x = 110, color="black", alpha=0.3, ls='--')
plt.text(110, 0, "$H_C$", ha="right", va="bottom")
plt.axvline(x = 260, color="black", alpha=0.3, ls='--')
plt.text(260, 0, "$-H_S$", ha="right", va="bottom")
plt.axvline(x = -260, color="black", alpha=0.3, ls='--')
plt.text(-260, 0, "$-H_S$", ha="right", va="bottom")

plt.xlim((-300, 300))

plt.legend()
plt.savefig("plot_2.pdf")

1.7677669529663687
0.03145248127340825 0.06586395131086142
```



По графику видим, что коэрцитивная сила по модулю примерно равна 110 Э, поле насыщения по модулю примерно равно 260 Э.

Убедимся в действительности этого проанализировав измеренные данные

```
In [21]: # Значения напряжённости магнитного поля при которых напряжение с фотодетект  
x[np.abs(y) < 0.04]
```

```
Out[21]: 0      110.622613
          99     -110.622613
          200    110.622613
          299    -108.136426
          400    110.622613
          499    -108.136426
          600    109.791056
          699    -108.967983
          800    109.791056
          801    113.312447
          899    -107.304868
          1000   108.136426
          1099   -107.304868
          1200   108.136426
          1299   -108.136426
          1400   108.967983
          1499   -107.304868
          1700   -108.967983
          1800   108.136426
          1801   111.454171
          1899   -107.304868
          1900   -109.791056
          2000   108.136426
          2001   112.277243
          2100   -110.622613
          Name: y, dtype: float64
```

Видим что коэцитивная сила действительно примерно равна 110 Э с разбросом в +- 3 Э

```
In [20]: # максимальное минимальное значение напряжённости магнитного поля
          np.max(x), np.min(x)
```

```
Out[20]: (259.36111048497617, -260.1926680596515)
```

Видим, что минимальное и максимальное значение по модулю равны 260 Э, возможно при увеличении амплитуды удастся найти более точное значение поля насыщения

```
In [ ]:
```