

פקודות import עבור התרגיל:

```

import numpy as np # math functions
import scipy # scientific functions
import matplotlib.pyplot as plt # for plotting figures and setting their properties
import pandas as pd # handling data structures (loaded from files)
from scipy.stats import linregress # contains linregress (for linear regression)
from scipy.optimize import curve_fit as cfit # non-linear curve fitting
from sklearn.metrics import r2_score # import function that calculates R^2 score

```

**תרגיל - השראות**בניסוי זה אתם תעבדו על סט של קבצי נתונים – וזו חשיבות התרגיל!**רקע תאורטי**

כאשר יש שינוי בשטף המגנטי שבתוך סליל, מתפתח עליו מתח שנקרא כא"מ (כוח אלקטרו מניע) לפי הנוסחה הבאה:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B(t)}{dt}$$

במערכת הניסוי, מפילים מגנט דרך זוג סלילים ומודדים את המתחים שמתפתחים עליהם. מכיוון שהמתח תלוי במהירות המגנט, צריך לאפיין את התנועה שלו – כלומר, את המהירות ההתחלתית ואת התאוצה שלו. לשם כך, נמדדו חמישה סטים של מתחים [Trace 0.csv, ..., Trace 4.csv], כאשר הסליל העליון (ref) הוחזק במיקום קבוע והסליל התחתון (signal) הורחק ממנו ב-

$$h = [30, 24, 18, 14, 8]$$

סנטימטרים.

נגדיר את זמן המעבר בכל סליל בתור הזמן בו השטף הוא מקסימאלי. אם נקבע את  $t = 0$  להיות זמן המעבר בסליל הראשון, אז הזמן  $t_{coil}$  בו עובר המגנט את הסליל השני מקיים:

$$h = v_0 t_{coil} + \frac{a}{2} t_{coil}^2$$

וניתן לרשום:

$$\frac{h}{t_{coil}} = \frac{a}{2} t_{coil} + v_0$$

## קבצי המדידה נראים כך:

Address:	USB0::0x0957::0x17 Analog Channels			
Model:	DSO-X 2002A	Time (s)	1 (VOLT)	2 (VOLT)
Serial Number:	MY54313425	-0.03188	-0.00509	-0.00647
Firmware Version:	02.65.2021030741	-0.03156	-0.00509	-0.00786
Start Time:	40:17.7	-0.03125	-0.00509	-0.00786
		-0.03094	-0.00509	-0.00832
Analog Sample Count:	960	-0.03063	-0.00509	-0.00786
Function Sample Count:	0	-0.03031	-0.00509	-0.00786
Waveform Memory Sample Count:	0	-0.03	-0.00462	-0.00832
Digital Sample Count:	0	-0.02969	-0.00416	-0.00786
		-0.02938	-0.00416	-0.00832
Setup Text Information:		-0.02906	-0.00416	-0.00786
ANALOG		-0.02875	-0.00416	-0.01017
Channel 1		-0.02844	-0.00416	-0.00878
Scale	184 mV/	-0.02813	-0.00416	-0.00971

כאשר ערוץ 1 הוא המתח בסליל הראשון, הקבוע, וערוץ 2 הוא המתח בסליל הזז.

1. פתחו *section* חדש בשם *inductance*
2. הגדירו בקוד את  $h$  בתור *numpy array* (`np.array([...])`) ושימו לב שהיחידות יהיו במטרים.
3. טענו את המדידות באמצעות לולאת *for*:

שימו לב לשם הקבצים.

```
Ind_data = []
for n in range(0,5):
    df = pd.read_csv('Trace %d.csv'%n, header = 1)
    Ind_data.append(df)
```

משלב זה, אתם מוזמנים לשנות את שורות הקוד שבתוך לולאת ה-*for* כדי שיבצעו את החישובים הדרושים לכל קובץ נתונים.

1. שנו את השמות של וקטורי הנתונים: זמן ל- $t$ , ערוץ 1 ל- $ref$  וערוץ 2 ל- $signal$
2. ציירו בגרף את האותות  $ref$  ו- $signal$  כתלות בזמן (את הנתונים מכל חמשת הקבצים באותו הגרף).
3. כתבו פונקציה לחישוב השטף מגנטי מתוך מתח. כלומר  $flux(voltage, time)$
4. ציירו בגרף את השטף המגנטי המחושב מהמתחים  $ref$  ו- $signal$  כתלות בזמן (כל הנתונים בגרף אחד).
5. חשבו את האינדקס בווקטור השטף בו השטף מקסימאלי (בערך מוחלט), ניתן להיעזר ב-`np.argmax()`
6. הוסיפו לגרף של השטף את הנקודות שמצאתם (`plot(t[ind_max], flux[ind_max], 'ro')`). האם אלו הנקודות הנכונות?
7. לכל מדידה, תקנו את וקטור הזמן  $t$  כך שהזמן בו השטף מקסימאלי ב- $ref$  מוגדר להיות  $t=0$ .
8. לכל מדידה, חשבו את זמן המעבר בסליל ה- $signal$  (זמן בו השטף מקסימאלי, לאחר התיקון בסעיף הקודם ושמו אותו בווקטור נתונים  $t\_coil$ ).
9. שרטטו גרף לינארי מתוך  $h$  ו- $t\_coil$  (לפי הנוסחה). מה צריך להיות ציר  $X$ ? מה צריך להיות ציר  $Y$ ?
10. נניח שגיאה של  $0.1$  ס"מ ב- $h$  ושגיאה של  $2$  מילישניות בזמן  $t\_coil$ . קראו את התייעוד של הפונקציה `matplotlib.pyplot.errorbar()` וצרו גרף שמציג שגיאות אלו (יש לחשב שגיאות נגירות - ראו חומר עזר באתר הקורס).
11. חשבו את המהירות ההתחלתית ואת התאוצה בעזרת רגרסיה לינארית. האם התקבלה התאוצה של נפילה חופשית?
12. הוסיפו את עקום הרגרסיה לגרף עם השגיאות.
13. חשבו את מדד  $R$  squared עבור הרגרסיה הלינארית.