

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

## **Poročilo**

Vaja 44 - Sila na vodnik v magnetnem polju

Luka Orlić

2. april 2023

# Kazalo

<b>1</b>	<b>Teoretični uvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Naloga</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Vprašanja</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Potrebščine</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Skica</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Meritve</b>	<b>5</b>
6.1	Metodologija . . . . .	6
<b>7</b>	<b>Obdelava meritev</b>	<b>6</b>
<b>8</b>	<b>Analiza rezultatov</b>	<b>9</b>

## 1 Teoretični uvod

Na vodnik, ki leži v homogenem magnetnem polju pravokotno na smer silnic, deluje sila, ki je sorazmerna s tokom  $I$  skozi vodnik in z dolžino in z dolžino  $l$  vodnika v polju. Za enačbo sile uporabimo enačbo (1). Sorazmernostni koeficient  $B$  je gostota magnetnega polja. Magnetni pretok  $\Phi_m$  skozi okvir, ki je pravokoten na silnicah je v homogenem polju opisan z enačbo (2), kjer je  $S$  ploščina okvirja, enota za  $B$  pa je  $[T = Vs/M^2]$ , enota za  $\Phi_m$  pa je  $[Vs]$ .

$$\begin{aligned}\vec{F} &= l \cdot \vec{I} \times \vec{B} \\ F &= lIB \cdot \sin(\phi) \\ F &= lIB; \phi = 90 \text{ deg}\end{aligned}\tag{1}$$

$$\Phi_m = BS\tag{2}$$

## 2 Naloga

- i.) S tehtanjem pokaži, da je sila na vodnik sorazmerna s tokom.
- ii.) Določi gostoto magnetnega polja in magnetni pretok med poloma magnetov.

## 3 Vprašanja

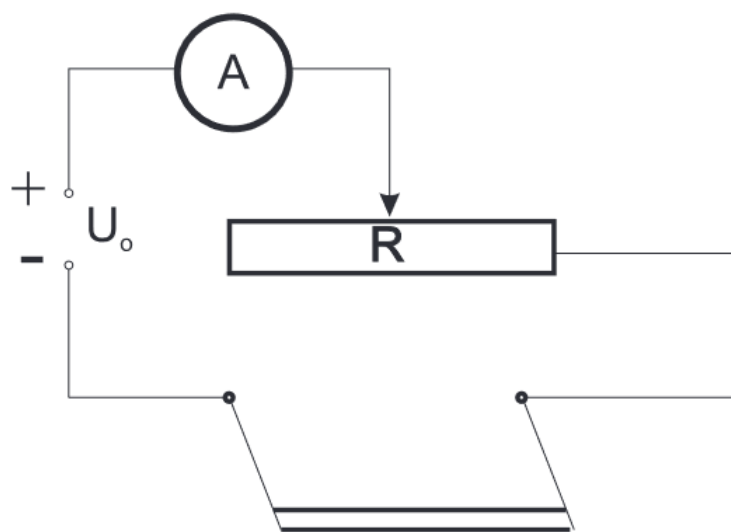
- i.) Kako je sila na vodnik odvisna od kota, ki ga oklepata smeri polja in toka? Kakšna je smer sile?
- ii.) Tehnica silo preračuna v maso. Kaj bi taka tehnica pokazala, če bi poskus izvajali npr. na Luni, kjer je  $g = 1,6 \text{ m/s}^2$ ?

## 4 Potrebščine

- Občutljiva tehnika z magnetom
- Stojalo s prečko
- Usmernik 20V, 4A
- ampermeter
- Reostat
- 4 žice

## 5 Skica

Skica (1) je skica poskusa.



tehnica

Slika 1: Shema poskusa

## 6 Meritve

Meritve toka in mase 1. smer		
Index	tok [ $mA$ ]	masa [ $g$ ]
1	0	0
2	203	-0.15
3	412	-0.34
4	606	-0.52
5	810	-0.71
6	989	-0.89
7	1194	-1.08
8	1414	-1.28
9	1607	-1.47
10	1805	-1.65
11	1985	-1.82
12	2232	-2.05
13	2401	-2.21
14	2586	-2.38
15	2799	-2.59
16	3025	-2.81
Meritve toka in mase 2. smer		
Index	tok [ $mA$ ]	masa [ $g$ ]
1	0	0
2	209	0.15
3	418	0.33
4	601	0.49
5	809	0.68
6	999	0.85
7	1188	1.01
8	1419	1.22
9	1599	1.37
10	1798	1.55
11	2034	1.76
12	2215	1.92
13	2403	2.08
14	2624	2.28
15	2836	2.46
16	3050	2.65

$$l = 0,022\,m$$

$$S = 0,0002\,m^2$$

(3)

## 6.1 Metodologija

Na tehniko smo postavili stojalo z magnetoma, ki tvorita homogeno polje. Tehniko smo umerili, da kaže 0  $g$  pri toku 0  $mA$ , ter nato spreminjali tok in odčitavili meritve mase. Privzamemo, da tehnica uporablja konstanto  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ .

## 7 Obdelava meritev

Naš cilj je da pridobimo podatek o  $\Phi_m$ . Da bi to dosegli, moramo izračunati  $B$ , to pa naredimo s pomočjo enačbo (1). To enačbo bomo razdelali v enačbi (4). Ker je tehnica umerjena na 0  $g$  pri 0  $A$ , je  $F_g$  skriti  $n$  v linearni enačbi, ki nam pove samo težo objekta.  $a$  pa je računska konstanta tehnice, za katero velja  $|a| = |g|$ .

$$F = lBI$$

$$F = ma$$

$$F_g = mg$$

$$m_{real} = F_g \pm F = mg \pm ma = m(g \pm a) \quad (4)$$

Zaradi 7,  $\implies$

$$mg = lBI$$

$$B = \frac{mg}{lI}$$

$$k = \frac{m}{I}; k \text{ je koeficient premicek} = \frac{Bl}{a} = \frac{Bl}{g}$$

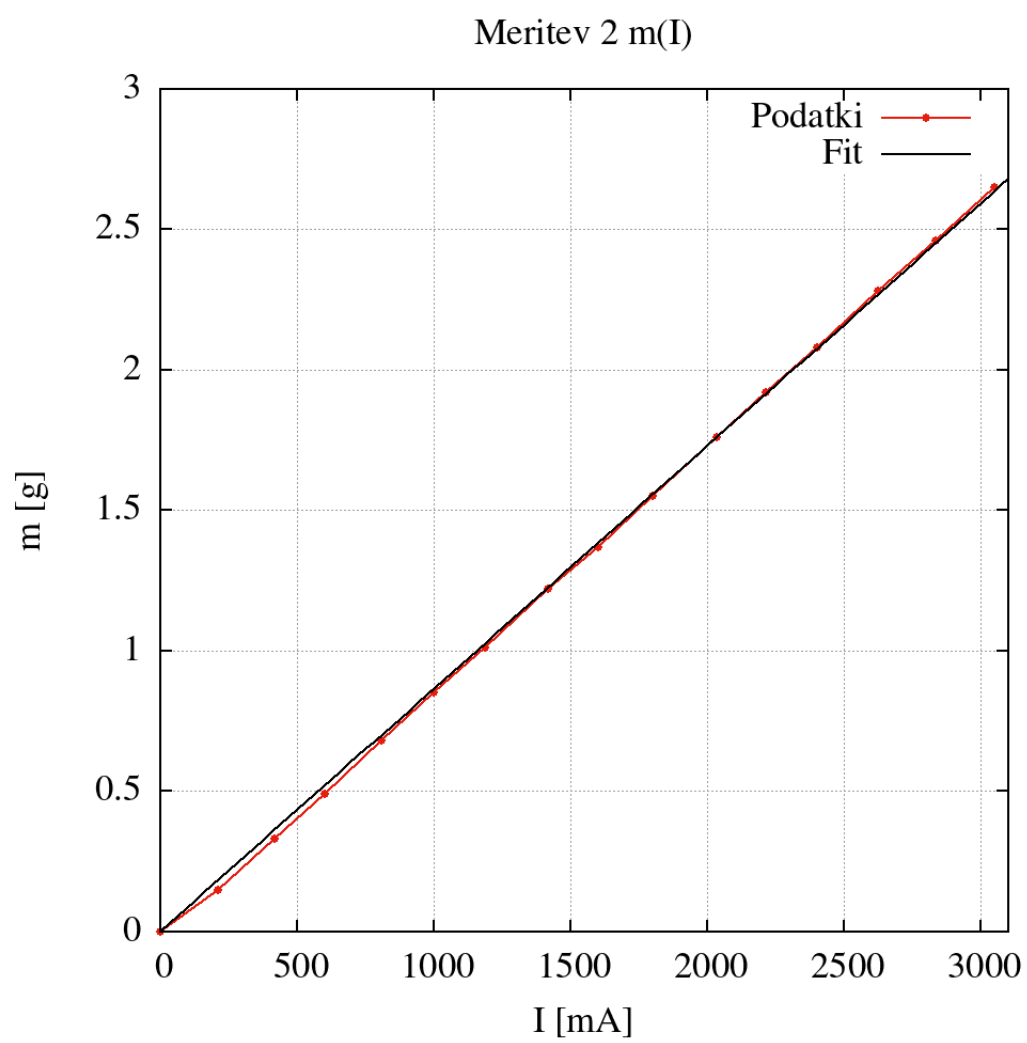
V enačbi (4) smo pokazali kako bi lahko "na roke" izračunali  $B$ , ter kako ga lahko določimo s fit funkcijo. Namreč vemo, da je  $n = 0$ , kar pomeni da je naša fit funkcija  $f(I) = kI$ , ter ta  $k$  uporabimo za izračun  $B$ . Ko to imamo enostavno z enačbo (2), določimo še  $\Phi_m$ , ter odgovorimo na vprašanja. Grafa (2) in (3) prikazujeta fit in podatke.

Rezultati so:

$$\begin{aligned} k(\text{graf 1}) &= 0,000918587 \frac{g}{mA} \\ k(\text{graf 2}) &= 0,000864326 \frac{g}{mA} \\ k(\text{avg}) &= 0,00089145650 \frac{g}{mA} \end{aligned} \quad (5)$$

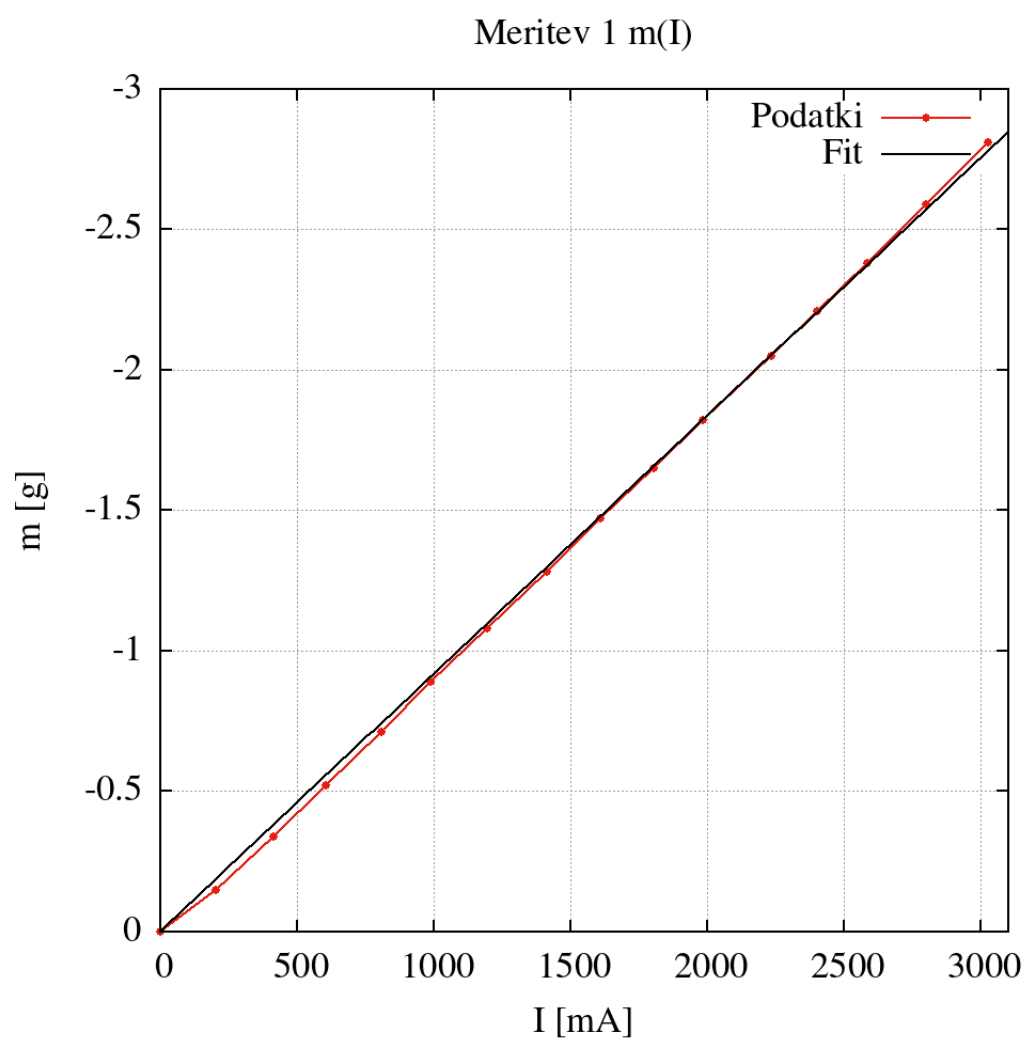
$$B = 0,40 T \pm 0,02 T$$

$$\Phi_m = 7,9 \cdot 10^{-5} (1 \pm 0,07) Vs$$



Slika 2: 1. meritev m(A)





Slika 3: 2. meritev m(A)

## 8 Analiza rezultatov

Obdelil smo rezultate na približno 10% natančno.

Sila je pravzaprav odvisna od kota, tako kot vektorski produkt. Kajti v resnici v enačbi (1), obstaja med vektorjem toka in vektorjem magnetnega polja vektorski produkt. Potemtakem, je velikost sile odvisna od sinusa kota, smer pa od tega ali je manjši kot od  $I$  do  $B$  ali obratno, kajti vektorski produkt je anti-komutativna operacija ( $A \times B = -B \times A$ ).

Tehnica na luni, bi enako kazala, kajti ona meri isto silo, ter uporablja isti pospešek  $a$  za računanje sile. Edina razilka je da v  $m_{real}$  je  $F_g$  različen, in se potemtakem, skriti  $n$  v enačbi. Premakne za  $n = m \cdot \frac{a}{g}$ . Ker pa tehnico nastavimo na 0  $g$  pri 0  $A$ , te spremembe ne opazimo.