

დედამიწის მაგნიტური ველის განსაზღვრა (15 ქულა)

ნაწილი 1: კომპასის და ხვიის ცდომილების განსაზღვრა (2 ქულა)

1.1 0.5 ქულა

კომპასის კუთხის გაზომვის ცდომილება $\Delta\theta = 1$ გრადუსი [კომპასის დანაყოფის ფასის ნახევარი]

ხვიის რადიუსი $r = 7.90$ სმ

ხვიის რადიუსის ცდომილება $\Delta r = 0,05$ მმ [სახაზავის დანაყოფის ფასის ნახევარი]

კომპასის კუთხის გაზომვის ცდომილება სწორადაა დათვლილი	0.2
ხვიის რადიუსი $r = 7.7 - 8.1$ - სმ არეშია	0.2
ხვიის რადიუსის ცდომილება სწორადაა დათვლილი	0.1

1.2 0.5 ქულა

ხვიის გაზომვის ცდომილება კერძო წარმოებულების გამოყენებით :

$$\frac{\Delta B_{\text{ხვ}}}{B_{\text{ხვ}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{B_{\text{ხვ}}} * \frac{\partial B_{\text{ხვ}}}{\partial I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{B_{\text{ხვ}}} * \frac{\partial B_{\text{ხვ}}}{\partial r}\right)^2}$$
$$\frac{\Delta B_{\text{ხვ}}}{B_{\text{ხვ}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2}$$

ცდომილების ფორმულა სწორადაა გამოყვანილი კერძო წარმოებულების, ან სხვა მეთოდის გამოყენებით	0,5
--	-----

1.3 1 ქულა

დედამიწის ველის ჰორიზონტალურ კომპონენტი θ კუთხესა და ხვიის მიერ შექმნილ ველს უკავშირდება შემდეგნაირად:

$$\tan \theta = \frac{B_{\text{დედH}}}{B_{\text{ხვ}}}$$

$$\frac{\Delta B_{\text{დედH}}}{B_{\text{დედH}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta B_{\text{ხვ}}}{B_{\text{დედH}}} * \frac{\partial B_{\text{დედH}}}{\partial B_{\text{ხვ}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \theta}{B_{\text{დედH}}} * \frac{\partial B_{\text{დედH}}}{\partial \theta}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta B_{\text{დედH}}}{B_{\text{დედH}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta B_{\text{ხვ}}}{B_{\text{ხვ}}}\right)^2 + \left(\frac{2}{\sin(2\theta)} \Delta \theta\right)^2}$$

ფარდობითი ცდომილება მინიმალურია როცა $\sin(2\theta)$ მაქსიმალურია და შესაბამისად კუთხე რომელზეც დედამიწის მაგნიტური ველის გაზომვის ცდომილება მინიმალურია არის $\theta = 45^\circ$.

$\Delta B_{\text{ხვ}}$ არაა დამოკიდებული თეატაზე ხოლო $\tan \theta$ -ს ფარდობითი ცდომილება ფიქსირებული $\Delta \theta$ -სათვის მინიმალურია $\theta = 45^\circ$ -ზე.

მიღებული ფორმულა სწორია	0.4
თეატა კუთხის მნიშვნელობა 45 გრადუსია	0.4
დასაბუთება მართებულია (მათემატიკურად)	0.2

ნაწილი 2: ხვიის პარამეტრების შესწავლა (7 ქულა)

2.1 3 ქულა

აღებულია ძაბვის სწორი ანათვლები $N \geq 10, N > 8, N > 4$	1/0.8/0.5
წინალობის მაქსიმალური მნიშვნელობა არის არეში 95 - 105 ომი	0.25
წინალობის მინიმალური მნიშვნელობა არის არეში 0 - 2 ომი	0.25
ერთი სრული ბრუნის შესრულებისას წინალობის ცვლილება სწორადაა გამოთვლილი (15% ცდომილების ფარგლებში)	0.4
სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი	0.1

წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 10, N \geq 8, N \geq 4$	0.6/0.4/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმობნეული	0.2
შესაბამისი დახრის წრფე დახატულია გრაფიკზე	0.2

გავზომოთ ძაბვები V_1 და V_3 წინაღობებზე R_1 და R_3 . ვაბრუნოთ ცვლადი წინაღობის თავი და ავიღოთ ანათვლები. თითოეული სრული ბრუნისთვის დავითვალოთ R_1 წინაღობა ფორმულით:

$$R_1 = R_3 * V_1/V_3$$

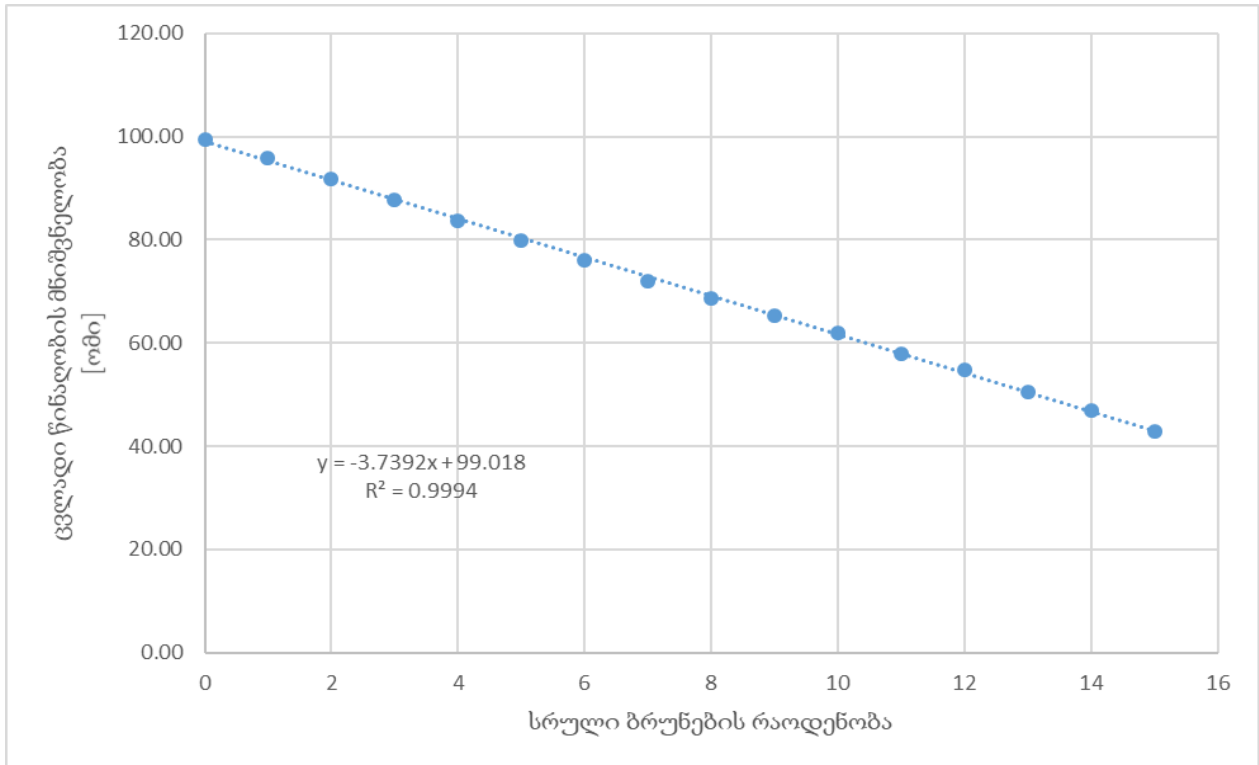
გრაფიკიდან და ანათვლებიდან ჩანს, რომ წინაღობა მობრუნებაზე წრფივად დადამოკიდებული. 1 ბრუნისას წინაღობის ცვლილების $\Delta R_1 = -3.7$ ომი.

$$R_{1\text{მინ}} = 1 \text{ ომი}$$

$$R_{1\text{მაქს}} = 101.1 \text{ ომი}$$

n	V1 (R1) [ვ]	V3 (R3) [ვ]	I (V3/R3) [მა]	R1 (V1/I) [ომი]
0	4.08	4.1	41	99.51
1	3.96	4.13	41.3	95.88
2	3.84	4.18	41.8	91.87
3	3.7	4.22	42.2	87.68
4	3.57	4.27	42.7	83.61
5	3.46	4.33	43.3	79.91
6	3.35	4.4	44	76.14
7	3.23	4.48	44.8	72.10
8	3.12	4.54	45.4	68.72
9	3	4.6	46	65.22
10	2.89	4.66	46.6	62.02
11	2.75	4.75	47.5	57.89
12	2.64	4.82	48.2	54.77

13	2.48	4.92	49.2	50.41
14	2.35	5.01	50.1	46.91
15	2.2	5.12	51.2	42.97



2.2 3 ქულა

აღებულია ძაბვის სწორი ანათვლები $N \geq 10$, $N > 8$, $N > 4$	1/0.8/0.5
სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი.	0.1
წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 10$, $N > 8$, $N > 4$	0.6/0.4/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმობნეული	0.2
შესაბამისი დახრის წრფე დახატულია გრაფიკზე	0.2
წინააღმდეგობა გრაფიკის გამოყენებით მიღებულია არეში 1.8–2.2 ომი	0.3
წინააღმდეგობა კალკულატორის გამოყენებით მიღებულია არეში 1.8–2.2 ომი	0.3
ცდომილება სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის ან კალკულატორის	0.3

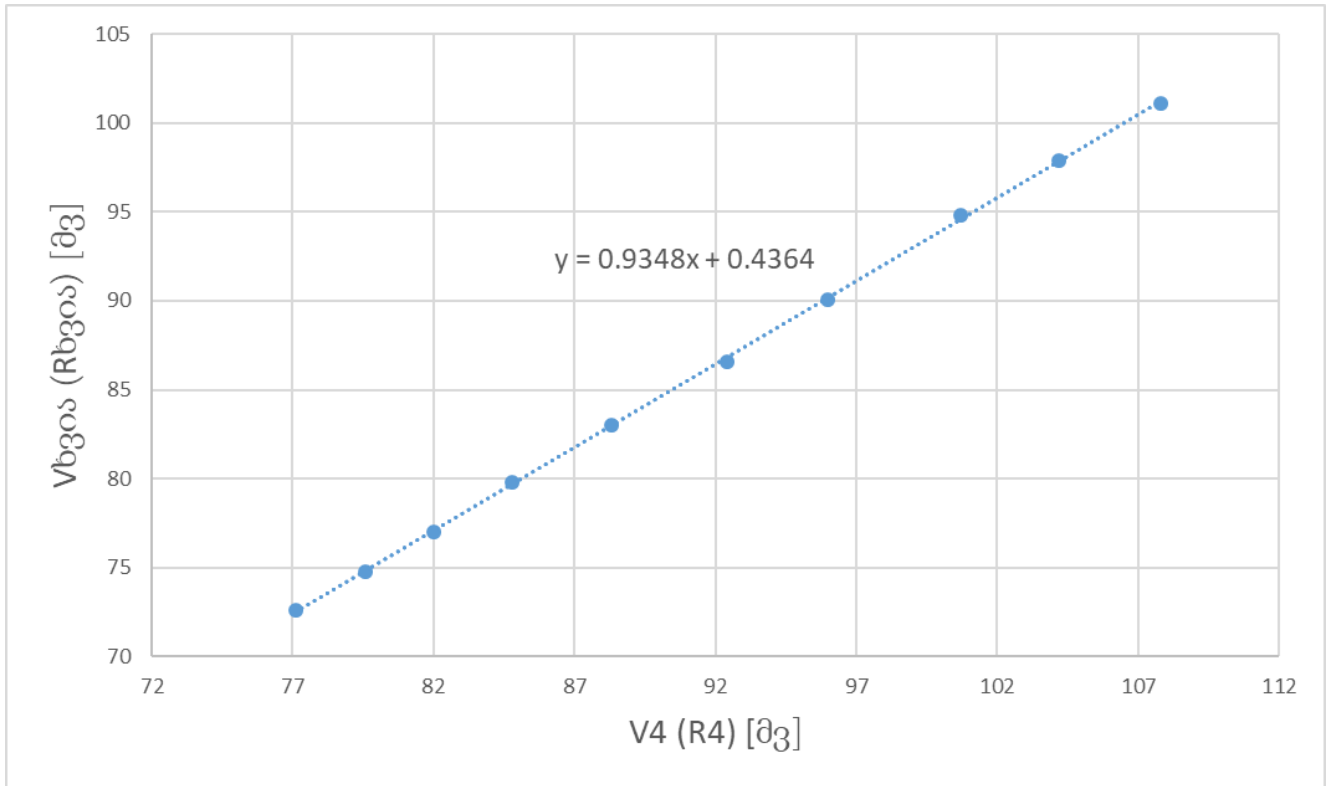
გამოყენებით	
-------------	--

გავზომოთ ძაბვები V_4 და V_{b3} R_4 წინაღობასა და ხვიაზე. ვაბრუნოთ ცვლადი წინაღობის თავი და ავიღოთ ანათვლები. თითოეული სრული ბრუნისთვის დავითვალოთ R_{b3} წინაღობა ფორმულით:
$$R_{b3} = R_4 * V_{b3} / V_4$$

გამოვითვალოთ ხვიის წინაღობის საშუალო მნიშვნელობა და სტანდარტული გადახრა კალკულატორის საშუალებით. მივიღებთ:

$$R_{b3} = 1,973 \pm 0.003 \text{ ომი}$$

V4 (R4) [მვ]	Vხვია (Rხვია) [მვ]	I (V4/R4) [მა]	Rხვია (Vხვია/I) [ომი]
107.8	101.1	51.33	1.969
104.2	97.9	49.62	1.973
100.7	94.8	47.95	1.977
96	90.1	45.71	1.971
92.4	86.6	44.00	1.968
88.3	83	42.05	1.974
84.8	79.8	40.38	1.976
82	77	39.05	1.972
79.6	74.8	37.90	1.973
77.1	72.6	36.71	1.977



2.3 1 ქულა

$$R_{\text{ზვ}} = \rho * l / S$$

$$l = N * 2\pi r$$

$$S = \pi * d^2 / 4$$

$$N = \frac{R_{\text{ზვ}} * d^2}{8 * \rho * r}$$

სადაც r კოჭის რადიუსია, d მავთულის დიამეტრი, ρ კუთრი წინაღობა.

$$\frac{\Delta N}{N} = \left| \frac{\Delta R_{\text{ზვ}}}{R_{\text{ზვ}}} \right| + 2 \left| \frac{\Delta d}{d} \right| + \left| \frac{\Delta r}{r} \right| = 0.025$$

Δd -დ მივიჩნიოთ 0.05 მმ.

$$N = 17.9 \pm 0.4 \text{ შესაბამისად ხვეების რიცხვია } 18$$

ხვეების რიცხვის გამოსათვლელი ფორმულა სწორია	0.25
ხვეების რიცხვი არის 17-19 არეში/ 15-21 არეში	0.3/0.15
ცდომილების ფორმულა სწორია	0.25
ხვეების ნამდვილი რაოდენობა ჯდება მიღებულ ცდომილების არეში	0.2

ნაწილი 3: დედამიწის მაგნიტური ველის განსაზღვრა (6 ქულა)

3.1 0.5 ქულა

$$\tan \theta = \frac{B_{\text{დედH}}}{B_{\text{ბგ}}} = \frac{2 \cdot r \cdot B_{\text{დედH}}}{N \cdot \mu_0} \cdot \frac{1}{l}$$

გამოსახულება სწორადაა მიღებული	0.5
--------------------------------	-----

3.2 1.5 ქულა

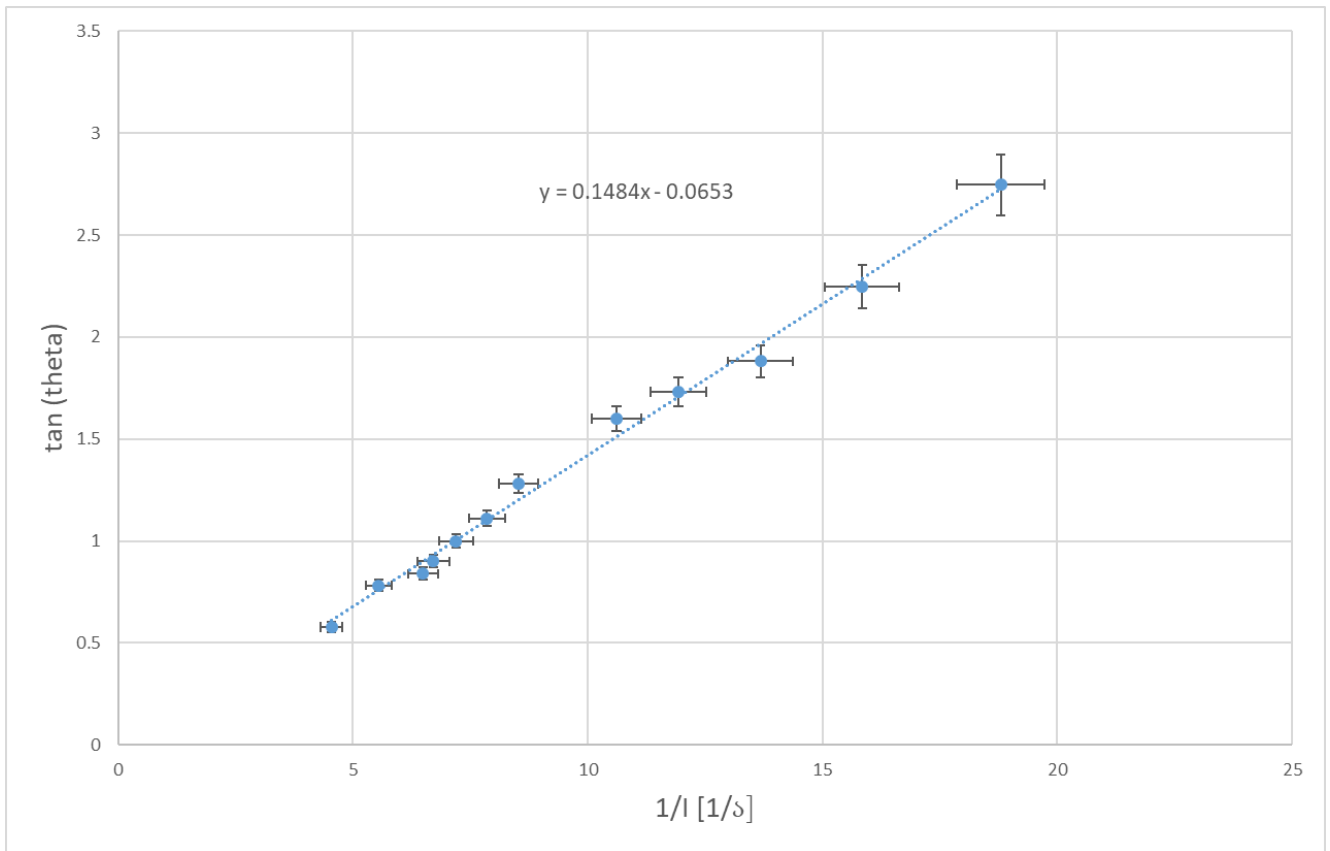
არე სწორადაა არჩეული (25-65 ან უფრო მცირე)	0.25
დასაბუთება მართებულია	0.25
აღებულია ძაბვის სწორი ანათვლები $N \geq 10$, $N > 8$, $N > 4$	1/0.8/0.5

რადგან ფარდობითი ცდომილება ყველაზე მცირეა 45 გრადუს კუთხეზე, გაზომვები უნდა ჩავატაროთ ამ კუთხის მახლობლად. რადგან ფარდობითი ცდომილება ძლიერად იზრდება მცირე და დიდ კუთხეებზე ანათვლების უმეტესობა სასურველია ავიღოთ 30-60 გრადუსის არეში.

α (90 - θ) [გრადუსი]	l [მა]	θ [გრადუსი]	$\tan \theta$	$1/l$ [1/ა]
20	53.2	70	2.74	18.7
24	63.1	66	2.24	15.8
28	73.1	62	1.88	13.6
30	83.8	60	1.73	11.9
32	94.2	58	1.60	10.6
38	117.3	52	1.27	8.52

42	127.3	48	1.11	7.85
45	139.1	45	1.00	7.18
48	149.3	42	0.900	6.69
50	154.2	40	0.839	6.48
52	180.2	38	0.781	5.54
60	220	30	0.577	4.54

3.3 2 ქულა



სწორი განზომილებები ღერძებზე, მითითებულია მასშტაბი	0.1
წერტილების რაოდენობა გრაფიკზე $N \geq 10$, $N \geq 8$, $N \geq 4$	0.6/0.4/0.2
წერტილები გრაფიკის 1/2-ზე მეტზეა მიმოხეული	0.2
წერტილებს მითითებული აქვს ცდომილების არეები.	0.4/0.2

ყველა ცდომილება სხვადასხვაა/ ყველა ცდომილება ერთნაირია	
სწორადაა შერჩეული გამოთვლებისათვის სასურველი არე	0.3
შესაბამისი დახრის წრფე დახატულია გრაფიკზე. წრფეში გათვალისწინებულია მხოლოდ სასურველი არის წერტილები და ცდომილებები/ წრფეში არაა გათვალისწინებული არე ან ცდომილებები.	0.4/0.2

3.4 1.5 ქულა

30–60 გრადუსის არეში არსებული წერტილების ანალიზით:

$$y = 0.173x - 0.233$$

$$b = \frac{2 \cdot r \cdot B_{\text{დედH}}}{N \cdot \mu_0} = 0.173 \pm 0.008$$

$$B_{\text{დედH}} = b \cdot \frac{N \cdot \mu_0}{2 \cdot r} = 24,7 \pm 1.1 \text{ მილი ტესლა}$$

მაგნიტური ველი სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის გამოყენებით. გათვალისწინებულია მხოლოდ სასურველი არის წერტილები/ წრფეში არაა გათვალისწინებული არე	0.5/0.25
წინაღობა სწორადაა გამოთვლილი კალკულატორის გამოყენებით. გათვალისწინებულია მხოლოდ სასურველი არის წერტილები/ წრფეში არაა გათვალისწინებული არე	0.5/0.25
ცდომილება სწორადაა გამოთვლილი გრაფიკის ან კალკულატორის გამოყენებით	0.5

3.5 0.5 ქულა

$$\alpha = 61^\circ$$

$$B_{\text{დედ}} = B_{\text{დედH}} / \cos \alpha = 51.0 \pm 2.4 \text{ მილი ტესლა}$$

ნამდვილი მნიშვნელობა არის 49 მილი ტესლა.

მაგნიტური ველის მნიშვნელობა სწორია	0.25
მაგნიტური ველის ცდომილების მნიშვნელობა სწორია	0.25