

Wydział: Fizyki	Dzień: Poniedziałek 14-17 Data: 20.03.2017		Zespół: 8
Imiona i nazwiska: Marta Pogorzelska Paulina Marikin	Ocena z przygotowania:	Ocena ze sprawozdania:	Ocena końcowa:
Prowadzący:		Podpis:	

Ćwiczenie 46: Wyznaczanie wartości poziomej pola magnetycznego Ziemi metodą busoli stycznych

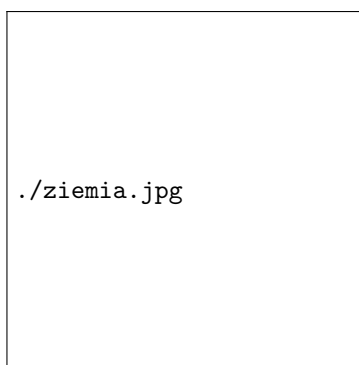
Marta Pogorzelska & Paulina Marikin

1 Cel badań

Celem doświadczenia było wyznaczenie wartości składowej poziomej natężenia pola magnetycznego Ziemi poprzez badanie zmian kąta wychylenia wektora wypadkowego pola ziemskiego i pola wytwarzanego przez zwojnicę busoli stycznych z prądem stałym.

2 Wstęp teoretyczny

Ziemskie pole magnetyczne odpowiada w przybliżeniu polu dipola magnetycznego znajdującego się w środku Ziemi. O właściwościach magnetycznych naszej planety decyduje będące w ciągłym ruchu płynne, przewodzące jądro Ziemi. Bieguny magnetyczne leżą przeciwstawnie do biegunów geograficznych, a ich położenie względem biegunów geograficznych trochę się różni. Linia łącząca bieguny magnetyczne tworzy wraz z osią obrotu Ziemi kąt (na stan obecny) $11,5^\circ$. Obszar, w którym występuje ziemskie pole magnetyczne nazywany jest ziemską magnetosferą i rozciąga się do kilkudziesięciu kilometrów nad powierzchnią Ziemi.



Rysunek 1: Rozkład linii pola magnetycznego Ziemi oraz położenie biegunów magnetycznych i geograficznych.

W dowolnym punkcie przestrzeni pole magnetyczne opisane jest wektorem natężenia \vec{H} tego pola. Jednostką natężenia jest Tesla [T]. Wektor natężenia można rozłożyć na 2 składowe: poziomą \vec{H}_g i pionową. Przy użyciu igły magnetycznej i obwodu kołowego można wyznaczyć kierunek oraz wartość składowej poziomej. Na umieszczonej w polu magnetycznym igłę działa moment siły \vec{M} , który ustawia ją równolegle do wektora \vec{H} . Jeśli umieścimy igłę w płaszczyźnie poziomej, to w wyniku tego w przeprowadzanym doświadczeniu można brać pod uwagę tylko składową poziomą. Jeśli następnie w obwodzie zostanie puszczony prąd o natężeniu I, wytworzone zostanie nowe pole magnetyczne o natężeniu \vec{H}_o :

$$H_o = \frac{NI}{2R} \quad (1)$$

,gdzie N - liczba zwojów w obwodzie, R - promień zwojnicy.

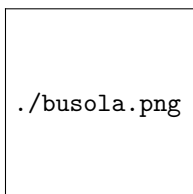
W celu wyznaczenia wartości H_g w doświadczeniu zostanie użyta busola stycznych. Jest to urządzenie do pomiaru natężeń stałych pól magnetycznych. Prąd stały o natężeniu I, płynący w zwojnicy, wytwarza pole magnetyczne, które nakłada się na składową poziomą pola magnetycznego Ziemi \vec{H}_g . Wektor wypadkowy \vec{H}_w obu natężeń jest sumą geometryczną pola \vec{H}_g i pola zwojnicy \vec{H}_o . Namagnesowana igła umieszczona w takim polu wychyli się o pewien kąt φ i ustawi w kierunku zgodnym z kierunkiem wektora \vec{H}_w . Między natężeniami zachodzi zależność:

$$ctg\varphi = \frac{H_g}{H_o} \quad (2)$$

,a po podstawieniu do wzoru (1):

$$H_g = \frac{NIctg\varphi}{2R} \quad (3)$$

3 Opis układu i metody pomiarowej



Rysunek 2: Schemat busoli stycznych oraz wektory składowej poziomej natężenia ziemskiego H_g i natężenia obwodu H_o .

Najpierw należało uruchomić komputer i podłączyć zasilacz do amperomierza i busoli stycznych, w taki sposób aby liczba zwojów cewki busoli wynosiła 1. Następnie włączono specjalny program na komputerze, który pokazywał obraz z kamery umieszczonej bezpośrednio nad igłą magnetyczną. Wpierw poczekano aż igła będzie w stanie równowagi i ustawiono busolę tak, by linia 0° na kątomierzu pokrywała się z kierunkiem igły. Po ustabilizowaniu układu minimalnie podwyższono natężenie prądu w zasilaczu tak, by igła wychyliła się o pewien kąt φ . Odczytano i spisano kąt odchylenia do protokołu. Wykonano 12 pomiarów kątów wychyleń z przedziału od 0° – 90° dla coraz to wyższych wartości prądu. Doświadczenie przeprowadzono analogicznie również dla 3 i 5 zwojów na cewce. W tym celu przełączono kabel między zasilaczem a cewką tak, by zwiększyć liczbę zwojów.

Użyte przyrządy i materiały:

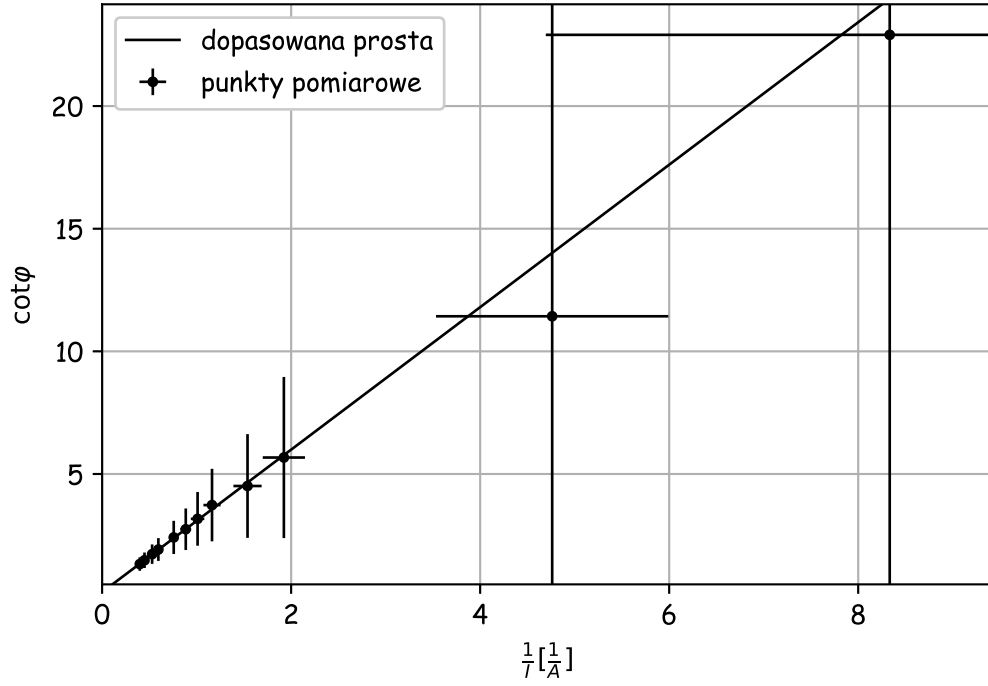
- busola stycznych:
 - cewka pierścieniowa
 - tarcza wraz z kątomierzem

- igła magnetyczna
- kamera podłączona do komputera
- komputer mierzący pomiary
- amperomierz klasy 2%
- zasilacz prądu stałego
- kable

4 Wyniki i analiza pomiarów

4.1 Dla $N = 1$

	$\varphi[^\circ]$	$\Delta\varphi[^\circ]$	$I[A]$	$\Delta I[A]$	$\frac{1}{I}$	$\Delta\frac{1}{I}$	$\cot\varphi$	$\Delta\cot\varphi$
0	2.5	5.675	0.12	0.052	8.333	3.639	22.904	52.058
1	5.0	5.675	0.21	0.054	4.762	1.229	11.430	13.039
2	10.0	5.675	0.52	0.060	1.923	0.223	5.671	3.285
3	15.0	5.675	0.86	0.067	1.163	0.091	3.732	1.479
4	20.0	5.675	1.13	0.073	0.885	0.057	2.747	0.847
5	30.0	5.675	1.89	0.088	0.529	0.025	1.732	0.396
6	37.0	5.675	2.51	0.100	0.398	0.016	1.327	0.273
7	34.0	5.675	2.23	0.095	0.448	0.019	1.483	0.317
8	27.5	5.675	1.68	0.084	0.595	0.030	1.921	0.465
9	22.5	5.675	1.32	0.076	0.758	0.044	2.414	0.676
10	17.5	5.675	0.99	0.070	1.010	0.071	3.172	1.095
11	12.5	5.675	0.65	0.063	1.538	0.149	4.511	2.114



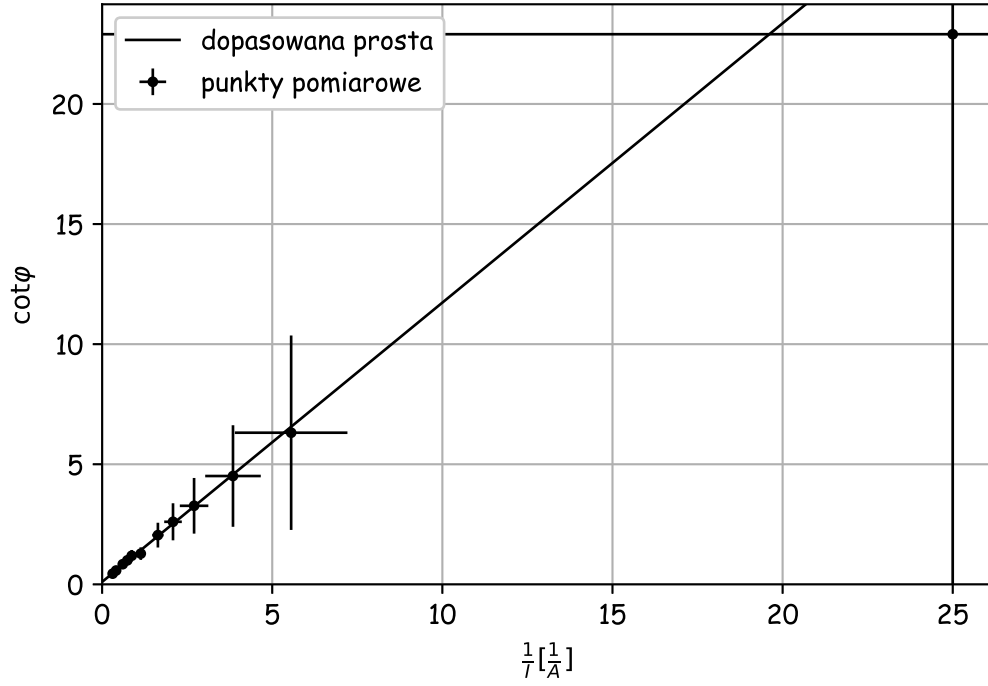
Rysunek 3

$$a = 2.904(0.074)$$

$$H_g = 9.746(0.136)$$

4.2 Dla $N = 3$

	$\varphi [^\circ]$	$\Delta \varphi [^\circ]$	$I [A]$	$\Delta I [A]$	$\frac{1}{I}$	$\Delta \frac{1}{I}$	$\cot \varphi$	$\Delta \cot \varphi$
0	2.5	5.675	0.04	0.051	25.000	31.750	22.904	52.058
1	12.5	5.675	0.26	0.055	3.846	0.817	4.511	2.114
2	9.0	5.675	0.18	0.054	5.556	1.654	6.314	4.047
3	17.0	5.675	0.37	0.057	2.703	0.419	3.271	1.159
4	21.0	5.675	0.48	0.060	2.083	0.259	2.605	0.771
5	26.0	5.675	0.61	0.062	1.639	0.167	2.050	0.515
6	38.0	5.675	0.88	0.068	1.136	0.087	1.280	0.261
7	40.0	5.675	1.15	0.073	0.870	0.055	1.192	0.240
8	45.0	5.675	1.35	0.077	0.741	0.042	1.000	0.198
9	50.0	5.675	1.65	0.083	0.606	0.030	0.839	0.169
10	60.0	5.675	2.43	0.099	0.412	0.017	0.577	0.132
11	66.0	5.675	3.23	0.115	0.310	0.011	0.445	0.119



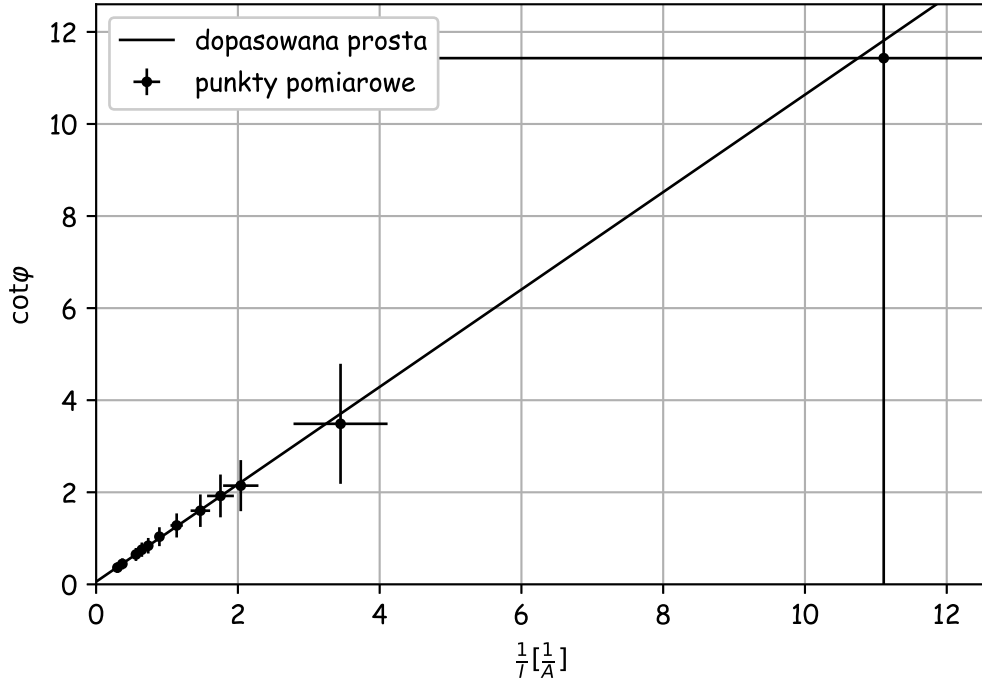
Rysunek 4

$$a = 1.163(0.048)$$

$$H_g = 11.705(0.153)$$

4.3 Dla $N = 5$

	$\varphi [^\circ]$	$\Delta \varphi [^\circ]$	$I [A]$	$\Delta I [A]$	$\frac{1}{I}$	$\Delta \frac{1}{I}$	$\cot \varphi$	$\Delta \cot \varphi$
0	5.0	5.675	0.09	0.052	11.111	6.395	11.430	13.039
1	16.0	5.675	0.29	0.056	3.448	0.663	3.487	1.304
2	25.0	5.675	0.49	0.060	2.041	0.249	2.145	0.555
3	27.5	5.675	0.57	0.061	1.754	0.189	1.921	0.465
4	32.0	5.675	0.68	0.064	1.471	0.138	1.600	0.353
5	38.0	5.675	0.88	0.068	1.136	0.087	1.280	0.261
6	44.0	5.675	1.12	0.072	0.893	0.058	1.036	0.205
7	50.0	5.675	1.36	0.077	0.735	0.042	0.839	0.169
8	53.0	5.675	1.55	0.081	0.645	0.034	0.754	0.155
9	57.0	5.675	1.78	0.086	0.562	0.027	0.649	0.141
10	66.0	5.675	2.70	0.104	0.370	0.014	0.445	0.119
11	70.0	5.675	3.33	0.117	0.300	0.011	0.364	0.112



Rysunek 5

$$a = 1.058(0.017)$$

$$H_g = 17.749(0.070)$$

Parametry wszystkich prostych zostały, wraz z ich niepewnościami wyliczone przy użyciu funkcji *polyfit* pakietu *numpy* w Pythonie. Funkcja ta dopasowuje prostą przy użyciu metody najmniejszych kwadratów, przyjmując dla każdego punktu wagę $\frac{1}{dy}$

5 Analiza niepewności

Za niepewność pomiaru kąta przyjęto wartość daną wzorem:

$$\Delta\varphi = \sqrt{\left(\frac{\text{podziałka}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\text{experymentator}}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (4)$$

przyjmując podziałkę co 5° , i niepewność eksperymentatora równą połowie podziałki.

Niepewności dla pomiaru prądu:

$$\Delta I = I * 0.02 + 5dgt \quad (5)$$

Dla wartości potrzebnych do wyrysowania wykresu niepewności wyliczono metodą propagacji niepewności:

$$\Delta \frac{1}{I} = \Delta I * \frac{1}{I^2} \quad (6)$$

$$\Delta \cot \varphi = \Delta \varphi * \frac{1}{\sin^2 \varphi} \quad (7)$$

Niepewność dla a uzyskano pierwiastkując zwracaną przez funkcję *polyfit* kowariancję tegoż współczynnika. W celu wyznaczenia niepewności składowej pola magnetycznego użyto metody różniczki zupełnej:

$$\Delta H_g = \Delta a * \frac{N}{2R} \quad (8)$$

6 Wnioski