

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



ЗБОРНИК

**предавања, програма радионица,
усмених излагања, постер
радова и презентација
са XXIX Републичког семинара
о настави физике**

БРАЊЕ – 2011

Милошевић

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



ЗБОРНИК

**предавања, програма радионица,
усмених излагања, постер
радова и презентација
са XXIX Републичког семинара
о настави физике**

БРАЊЕ – 2011

ОРГАНИЗАТОР СЕМИНАРА

Друштво физичара Србије

Стручни одбор:

1. Јаблан Дојчиловић
2. Иван Дојчиновић
3. Вера Бојовић
4. Милан Ковачевић
5. Душанка Обадовић
6. Татјана Павела
7. Снежана Немеш
8. Славољуб Митић

Организациони одбор:

1. Илија Савић
2. Дарко Танасковић
3. Милица Павков Хрвојевић
4. Татјана Марковић Топаловић
5. Слађана Николић
6. Саша Ивковић
7. Весна Вучић
8. Предраг Давидовић
9. Никола Гркић

Уредници зборника:

Јаблан Дојчиловић
Иван Дојчиновић

Технички уредник:

Душан Ћасић

Издавач:

Друштво физичара Србије

Тираж: 220 примерака

Штампа: „ТОН ПЛУС“, Нови Београд

Мерење хоризонталне компоненте вектора индукције магнетног поља Земље

Милан С. Ковачевић¹, Стефан Јовановић²

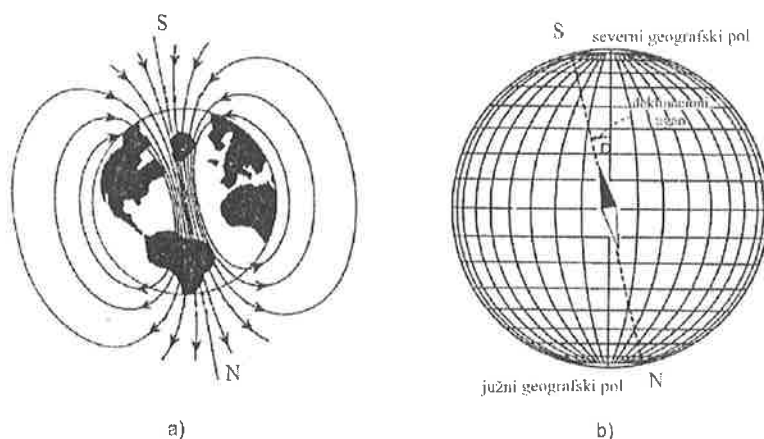
¹ПМФ, Институт за физику, Крагујевац

²Специјално математичко одељење Прве крагујевачке гимназије

Апстракт. У раду је описан експеримент за мерење хоризонталне компоненте индукције магнетног поља Земље. Применом линеарне интерполације добијена је приближна вредност хоризонталне компоненте индукције Земљиног магнетног поља у Крагујевцу, $2,546 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Акцент рада се ставља на експериментисање као начин предавања физике у школама.

УВОД

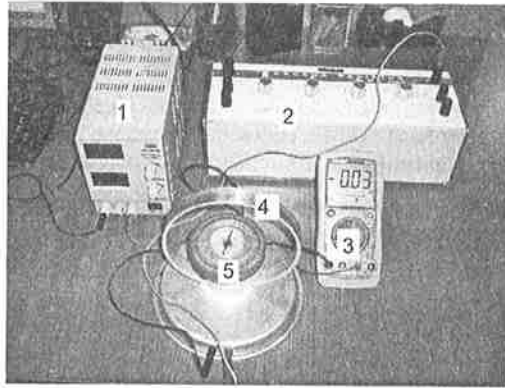
Земљино магнетно поље, које се простире на око 80000 км удаљености од њене површине, има облик који би давао један магнетни дипол смештен у унутрашњост Земље, а чија оса заклапа са географском осом Земље угао од приближно $11,3^\circ$ (Слика 1). Највећим делом магнетно поље Земље потиче услед кретања наелектрисања унутар њеног језгра, а делом услед кретања наелектрисаних честица у јоносфери. Најновија сателитска мерења потврђују постојање просторних и временских флукуација у магнетном пољу Земље [1-3].



СЛИКА 1. Приказ магнетног поља Земље

Експеримент

На слици 2 приказан је магнетометар који се састоји из N кружних намотаја (калема) изоловане жице и компаса који је фиксиран у центру ових кружних навоја. Кружна скала компаса је градуисана у степенима и омогућава мерење угла скретања магнетне игле под деловањем магнетног поља. Полупречник кружних намотаја је R и кроз њих протиче струја јачине I .

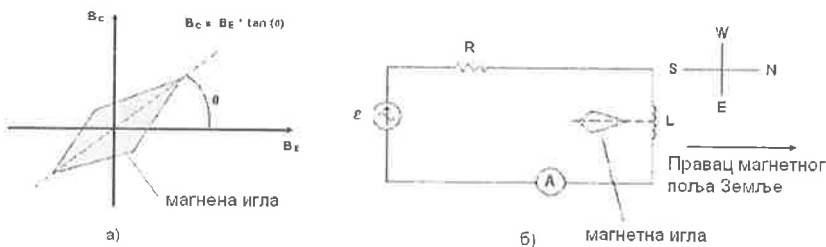


СЛИКА 2. Фотографија експеримента (1- струјни извор, 2- отпорна декада, 3- амперметар, 4- калем, 5- компас).

Применом Био-Савар-Лапласовог закона, имајући у виду симетрију проблема, изводимо општи израз за интензитет магнетне индукције B у некој тачки P која лежи на оси симетрије калема мале дужине, на растојању z од центра:

$$B(z) = \frac{\mu_0 N I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (1)$$

Када је $z \rightarrow 0$ проблем се, очито своди на налажење поља у центру кружне контуре.



СЛИКА 3. а) Шематски приказ принципа рада тангентног магнетометра; б) Еквивалентно RL коло које се користи при мерењу. Магнетна игла је у правцу магнетног меридијана. Правац z осе је нормалан на правац магнетног меридијана (z оса лежи у хоризонталној равни и уједно је правац магнетног поља калема).

Када се кроз калем пропусти струја магнетна игла, која је претходно заузимала правац вектора индукције \mathbf{B}_E , заузеће правац резултујућег вектора магнетне индукције $\mathbf{B} = \mathbf{B}_E + \mathbf{B}_C$ где је \mathbf{B}_C вектор магнетне индукције од кружних струјних намотаја у центру калема, а θ је угао између правца резултујућег магнетног поља и правца магнетног меридијана. Користећи чињеницу да ће се игла компаса у магнетном пољу оријентисати у правцу резултујућег магнетног поља, мерењем угла између магнетне игле и правца магнетног меридијана NS могуће је одредити јачину хоризонталне компоненте Земљиног магнетног поља. Са слике 3а није тешко закључити да је

$$\tan \theta = B_C / B_E \quad (2)$$

где је B_E интензитет хоризонталне компоненте индукције магнетног поља Земље.

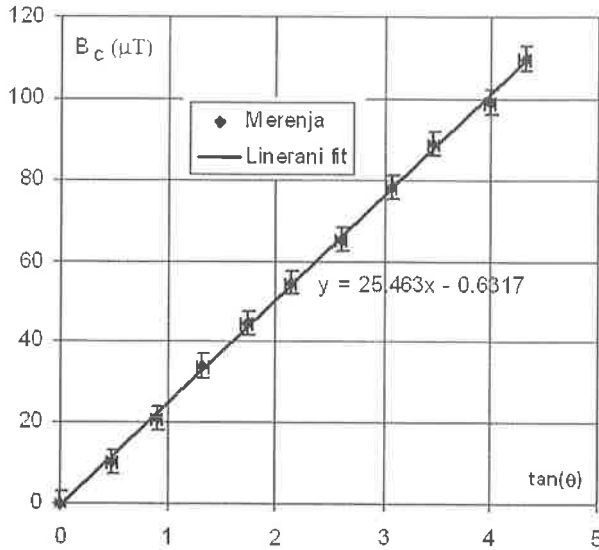
Припрема експеримента и мерење

Еквивалентна шема електричног кола система за мерење приказана је на слици 3б. Коло се састоји од редне RL везе, извора једносмерне струје и амперметра помоћу кога меримо јачину струје у колу. Приликом поставке експеримента треба водити рачуна да се у околини компаса не налазе други извори магнетног поља. У нашим мерењима коришћен је калем са $N = 32$ кружна намотаја пречника $2R = 0.154 \text{ m}$. Као што се може видети са слике 3б, на почетку калем је постављен тако да је оса калема нормална на правац север-југ (правац магнетног меридијана). Кроз навоје калема се затим пропушта струја јачине I , услед чега долази до скретања магнетне игле компаса за одређени угао θ . У мерењима мењамо напон на извору у корацима по 0.5 V , помоћу милиамперметра читавамо јачину струје у колу, и на кружној скали компаса читавамо угао скретања магнетне игле у степенима. Јачину магнетне индукције у центру навоја, B_C , налазимо помоћу једначине (1) стављајући да је $z = 0$. Експериментални резултати су приказани у Табели 1.

Табела 1: Резултати мерења. Магнетна индукција B_C је рачуната помоћу формуле (1).

Напон, U (V)	Јачина струје, I (A)	Угао скретања, θ ($^\circ$)	Магнетна индукција калема B_C (μT)
0.5	0.04	26	10.43948052
1.0	0.08	42	20.87896104
1.5	0.13	53	33.92831169
2.0	0.17	60	44.36779221
2.5	0.21	65	54.80727273
3.0	0.25	69	65.24675325
3.5	0.30	72	78.2961039
4.0	0.34	74	88.73558442
4.5	0.38	76	99.17506494
5.0	0.42	77	109.6145455

Из једначине 2 видимо да је $B_C = B_E \tan \theta$. Ако се на y осу нанесу вредности магнетног поља калема, а на x осу вредности тангенса угла θ , добија се график као на слици 4. Помоћу линеарне интерполације добија се једначина праве, чији коефицијент правца представља вредност хоризонталне компоненте индукције Земљиног магнетног поља. У нашем експерименту добијена је вредност за $B_E = 25.463 \mu\text{T}$. Процењена максимална апсолутна грешка је $\Delta B_E = 1 \mu\text{T}$.



СЛИКА 4. Графички приказ резултата мерења. Коефицијент правца праве одговара локалној вредности хоризонталне компоненте индукције Земљиног магнетног поља $B_E = 25.463 \mu\text{T}$.

ЗАКЉУЧАК

Описани експеримент омогућава ученицима да физичку појаву Земљиног магнетизма упознају кроз сопствено искуство, тј. кроз искуство из „прве руке“. Такође смо сведоци осетног смањења интересовања ученика за физику како у основним тако и у средњим школама. Зато је неопходно предузети одговарајуће кораке да се то стање промени. Један од начина да повећа заинтересованост ученика за физику јесте што више огледа на часовима физике. Са овим експериментом, аутори настављају своју активност започету на неколико претходних Републичких семинара о настави физике, са циљем да подстакну наставнике на реализацију што већег броја огледа како на редовним тако и на додатним часовима физике.

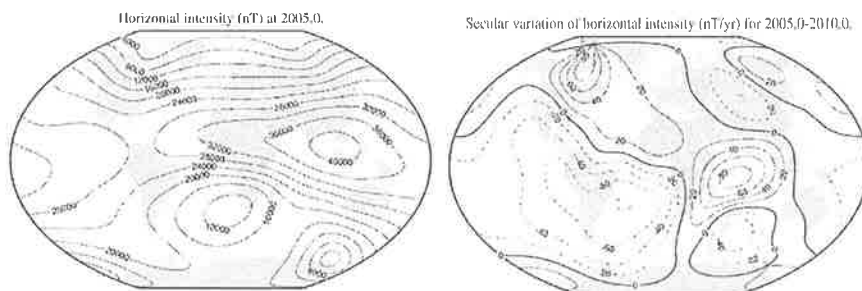
Литература

1. Ђурић Б., Ђулум Ж., *Физика III (Електрицитет и магнетизам)*, Научна књига, Београд, 1973.
2. Olsen N, Manda M., *Nature* **1** 390-394 (2008).
3. Bruce A. Buffett, *Nature*, **468** 952-955 (2010).
4. Cartacci A., S. Straulino, *Physics Education* **43** (4) 412-416 (2008).
5. Sosa M., et. al., *Revista Mexicana De Fisica*, **49** (4) 379-383 (2003).

ДОДАТАК

Годишње варијације магнетног поља Земље

Деклинација, инклинација као и јачина Земљиног магнетног поља мењају се на истом месту. Магнетно поље Земље мења се и по интензитету и по правцу како са местом на Земљиној површини, тако и са временом. Те промене могу бити правилне, дакле периодичне, па тада кажемо да су то варијације, или неправилне, па кажемо да су то пертурбације. Варијације могу бити дневне, годишње, 11-тогодишње и вековне. Промене које нису везане за кретање Земље зову се секуларне промене. Око 80° северне и јужне географске ширине налазе се зоне у којима се најчешће дешавају пертурбације Земљиног магнетног поља – „*aurora borealis*“ на северу и „*aurora australis*“ на југу. Дешавају се и повремене снажне пертурбације магнетног поља Земље које се називају још и „магнетне буре“. На слици 5 су приказане линије које повезују места са једнаком вредношћу интензитета хоризонталне компоненте индукције магнетног поља Земље. Уочавамо да је 2005. године интензитет хоризонталне компоненте индукције магнетног поља Земље, за наше подручје био у интервалу од 20 до 24 μT . У периоду од 2005. до 2010. године промене су биле незнатне.



СЛИКА 5. Графички приказ интензитета хоризонталне компоненте индукције магнетног поља Земље 2005. године и промене у периоду од 2005.-2010. године. (Susan Macmillan, *Earth's Magnetic Field*, Geophysics and Geochemistry 2010, © *Encyclopedia of Life Support Systems*).