

# Pokusi iz magnetizma izvedeni pomoću pribora Sciensation

---

**Topić, Magdalena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:160:586289>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Department of Physics in Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ODJEL ZA FIZIKU**



**Magdalena Topić**

**Pokusi iz magnetizma izvedeni pomoću pribora  
Sciensation**

**Završni rad**

**Osijek, 2024.**

**Ovaj zavšni rad izrađen je u Osijeku pod vodstvom doc. dr. sc. Maje Varga Pajtler te neposredne voditeljice Ivane Štibi, pred. u sklopu Sveučilišnog prijediplomskog studija fizike na Odjelu za fiziku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.**

## Pokusi iz magnetizma izvedeni pomoću pribora Sciensation

Magdalena Topić

### **Sažetak**

Magnetizam se odnosi na pojave povezane s magnetskim silama i poljima. U radu su prikazani pokusi iz magnetizma i elektromagnetizma, izvedeni pomoću pribora „Sciensation“, koji omogućuje sigurno izvođenje u nastavi. Pokusi su prikladni za osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje, a obuhvaćaju ključne pojmove kao što su električna struja, magnetsko polje, indukcija i sl. Svaki pokus započinje teorijskim uvodom, a zatim slijede zadaci, opažanja, objašnjenja i zaključci, uz pripremljene radne listiće za učenike.

(62 stranica, 26 slika, 18 literaturnih navoda)

**Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za fiziku.**

**Ključne riječi:** Magnetizam / Elektromagnetizam / Magnetske silnice / Magnet / Pokus

**Mentor:** doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler / Ivana Štibi, predavač

**Ocjenjivač:** doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler / Ivana Štibi, predavač

**Rad prihvaćen:**

## Experiments in Magnetism performed using the „Sciensation“ kit

Magdalena Topić

### **Abstract**

Magnetism refers to phenomena associated with magnetic forces and fields. This thesis presents experiments in magnetism and electromagnetism, performed using the "Sciensation" kit, which allows safe execution in classroom settings. The experiments are suitable for primary and secondary school education, covering key concepts such as electric current, magnetic field, induction, and more. Each experiment begins with a theoretical introduction, followed by tasks, observations, explanations, and conclusions, along with prepared worksheets for students.

(62 pages, 26 figures, 18 references)

**Thesis is archived in Department of Physics' library.**

**Keywords:** Magnetism / Electromagnetism / Magnetic field lines / Magnet / Experiment

**Mentor:** doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler / Ivana Štibi, Lecturer

**Reviewers:** doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler / Ivana Štibi, Lecturer

**Thesis accepted:**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. MAGNETIZAM.....	3
3. MAGNETSKI DOSEG .....	19
4. MAPIRANJE MAGNETSKOG POLJA .....	24
5. ØRSTEDOVO OTKRIĆE .....	29
6. NATJECANJE ELEKTROMAGNETA.....	37
7. VRTLOŽNE STRUJE.....	44
8. ZAKLJUČAK .....	49
9. DODATAK .....	50
10. LITERATURA.....	61
11. ŽIVOTOPIS.....	62

# 1. UVOD

Magnetizam obuhvaća pojave povezane s magnetskim silama i poljima te s gibanjima električnih naboja koja te pojave uzrokuje [1]. Električna struja i magnetski momenti elementarnih čestica dovode do magnetskih polja, koja djeluju na druge struje i magnetske momente. U prisustvu magnetskog polja, feromagnetska materija postaje magnetizirana, tj. sadrži mnoštvo sićušnih dipola koji se tada zakrenu i poravnaju u smjeru magnetskog polja.

Električne sile i magnetske sile nekada su bile smatrane različitim entitetima, dok ih neki znanstvenici poput H. C. Ørsteda i M. Faradaya nisu dodatno istražili i objasnili njihovu povezanost, te J. C. Maxwella, koji je sve zakonitosti elektromagnetizma sažeo u četiri jednadžbe [2].

U ovom završnom radu prikazano je nekoliko pokusa koji se mogu izvesti pomoću aparature „Sceinsation“, koja je razvijena u „Ciênsação“, u sklopu inicijative za promicanje praktičnih eksperimenata u javnim školama. Pokusi su primjereni za nastavu fizike u osnovnoj i srednjoj školi [3]. U osnovnoškolskom obrazovanju sadržaji za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda unutar domene B (Međudjelovanje) su: električni naboj, električna sila, električna struja, električni napon, elektromagnetska indukcija, dok su u sklopu domene D (energija): električni strujni krug, električni napon, električna struja, učinci električne struje, magnet, magnetska sila i električna energija [4]. U srednjoškolskom obrazovanju sadržaji za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda unutar domene B (Međudjelovanje) su: Magnetsko polje magneta, magnetski tok, magnetsko polje povezano s električnom strujom, Amperova sila, Lorentzova sila, gibanje nabijene čestice u magnetskom polju, magnetska sila između dvaju paralelnih vodiča, elektromagnetska indukcija, Faradayev zakon, Lenzovo pravilo, međuintukcija i samoindukcija, načelo rada elektromotora,, i dr. [4]. Svi navedeni sadržaji su istaknuti jer su dijelom uključeni unutar ovog završnog rada, i obuhvaćaju se provedbom predloženih pokusa.

Pribor „Sciensation“ je odabran za izvođenje pokusa iz magnetizma i elektromagnetizma jer uključuje ključne komponente potrebne za rad (Slika 1), poput magneta, magnetskih igala i kompasa, što omogućava jednostavno izvođenje i jasno prikazivanje osnovnih koncepata vezanih uz ovo gradivo. Ovaj je pribor siguran za uporabu, čak i za djecu u osnovnoj školi, a praktičan je

za izvođenje u nastavi, čemu će doprinijeti i ovaj rad, napisan s detaljnim uputama za izvođenje pokusa.



Slika 1. Pribor „Sciensation“; izvan pernice je pribor potreban za pokuse vezane uz gradivo elektromagnetizma.

Učenje kroz samu teoriju, osobito osnovnoškolcima i srednjoškolcima, može biti teško i zamorno, posebno ako se prvi put susreću s temom magnetizma. Pokusi su ključni da razbiju monotoniju i potaknu učenike na istraživanje, razmišljanje, povezivanje, zaključivanje te kritičko mišljenje. Rad je oblikovan na način da svako poglavlje, točnije tema ili pokus iz područja magnetizma, započinje teorijskim uvodom, navedeni su ishodi učenja, nakon čega slijede opis pokusa, zadatak za izvođenje pokusa, opažanja, rezultati, objašnjenje i zaključak pokusa. U sklopu svakog pokusa pripremljen je i radni listić za učenike.



## 2. MAGNETIZAM

### *Teorijski uvod*

Pojmovi magnet i magnetizam javljaju se 800 godina prije Krista na grčkom otoku Kreti. Svojestvo privlačenja željeznih čavala na sandalama i kamenja rude magnetita opazio je pastir Magnus. Nedugo nakon toga, mnogi grčki filozofi pisali su o neobičnom kamenu koji je privlačio željezne predmete. Magnetit je mineral koji ima kemijsku formulu  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Može se pronaći na raznim lokacijama diljem svijeta, a naziv je dobio jer se eksploatacija rude magnetita vršila u malom azijskom mjestu Magnezijumu. Za to vrijeme, u Kini, svojstva magnetita koristila su se za geografsko usmjeravanje, a pojava prvog primitivnog kompasa seže do 4. st. pr. Kr. [2].

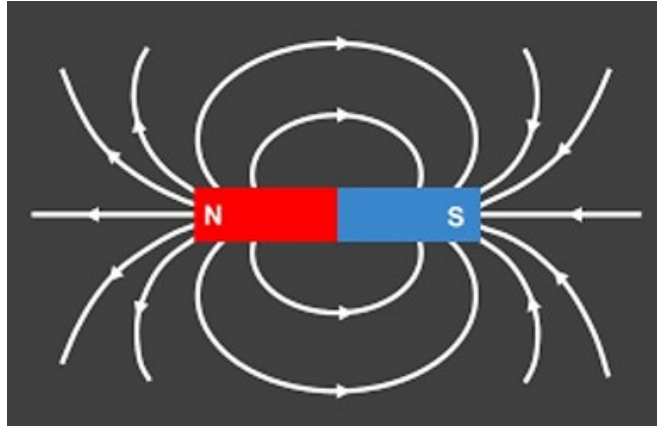
Tijekom povijesti mnogi poznati znanstvenici kao što su William Gilbert, Hans Christian Ørsted, Michael Faraday, Joseph Henry te mnogi drugi svoje živote posvetili su izučavanju magnetita i njegovih svojstava [5].

Razlikujemo dva različita tipa magnetita: permanentni i inducirani [2]. Permanentni magnet je trajno magnetizirani predmet načinjen od feromagnetičnih materijala, tj. njegovo svojstvo magnetičnosti se ne može ugasiti ili nestati. Svaki permanentni magnet ima dva pola – sjeverni (oznaka „N“) i južni (oznaka „S“), između kojih se stvara magnetsko polje. Inducirani magneti, s druge strane, uglavnom nisu magnetizirani, ali se mogu namagnetizirati (npr. ako bismo uzeli željeznu spajalicu za papir i postavili je uz magnet, spajalica bi postala inducirani magnet).

Svi magneti stvaraju oko sebe magnetsko polje koje ih okružuje te je nevidljivo. Magnetsko polje međudjeluje magnetskom silom s predmetima načinjenima od feromagnetskih, paramagnetskih i dijamagnetskih materijala, a ona može biti privlačna ili odbojna. Silnice magnetskoga polja su zamišljene, zatvorene krivulje koje nemaju početak ni kraj, a svojim oblikom i gustoćom prikazuju jakost i smjer magnetskog polja u nekom dijelu prostora. Ako zamislite silnicu kao krivulju, smjer magnetskog polja u bilo kojoj točki silnice je u smjeru tangente na tu krivulju u toj točki.

Karakteristike magnetskih silnica permanentnih magnetita su (Slika 2):

- uvijek izlaze iz sjevernog magnetskog pola, a ulaze u južni magnetski pol,
- najgušće su oko samih polova,
- nikada se ne križaju.



Slika 2. Štapićasti magnet; crvenom bojom prikazan je sjeverni pol magneta (N, north), a plavom južni pol magneta (S, south). Bijele linije predstavljaju magnetske silnice [10].

Prema magnetskim svojstvima, materijale dijelimo na: feromagnete, dijamagnete, paramagnete, ferimagnete i antiferomagnete. Ova podjela se odnosi na načine kako se određeni materijali ponašaju kada su izloženi magnetskom polju, uključujući organizaciju njihovih magnetskih domena. Domene su male, mikroskopske regije unutar materijala u kojima su svi magnetski dipolni momenti atoma paralelni, orijentirani na načine specifične za taj materijal i doprinose ukupnom dipolnom momentu te domene.

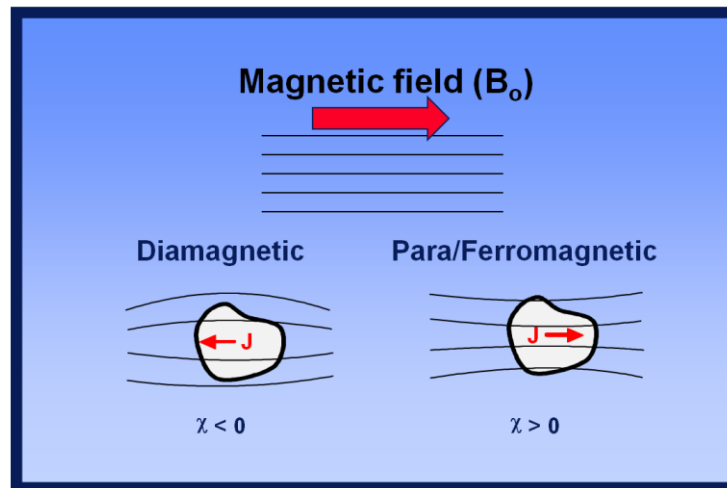
Magnetski dipolni moment je vektorska veličina čiji je smjer okomit na ravninu strujne petlje, a iznosom jednak umnošku jakosti struje koja prolazi strujnom petljom i površine te petlje [1]. Matematički izraz za iznos magnetskog dipolnog momenta je  $p_m = IS$ , gdje je  $p_m$  oznaka za magnetski dipolni moment,  $I$  je jakost struje i  $S$  je površina petlje ili zavojnice kroz koju prolazi struja. Magnetski dipolni moment karakteristično je obilježje magnetskog dipola.

Materijali na koje magnetska sila djeluje u smjeru rastućeg vanjskog magnetskog polja nazivaju se paramagnetični, a oni materijali na koje djeluje u smjeru opadajućeg polja zovu se dijamagnetični. [2]. Na Slici 3 (lijevo) prikazane su silnice magnetskog polja u kojemu se nalazi dijamagnetični materijal, a koje su rjeđe unutar dijamagnetičnog materijala nego izvan njega.

Paramagnetični materijali imaju magnetske dipolne momente koji se orijentiraju u smjeru vanjskog magnetskog polja, što znači da magnetske sile djeluju na te dipole u smjeru rastućeg vanjskog magnetskog polja. Na Slici 3 (desno) prikazan je paramagnetični materijal kada se nalazi u vanjskom magnetskom polju, a kroz kojega se silnice vanjskog magnetskog polja zgušnjavaju.

Sličan se učinak događa i kada se feromagnetski materijal stavi u magnetsko polje. Ono što treba spomenuti jest da efekt privlačenja magnetskim poljem prisutan je i kod paramagneta i kod feromagneta, ali kod feromagneta taj je učinak znatno jači i izraženiji zbog njihove sposobnosti da zadrže trajnu magnetizaciju, dok je kod paramagneta privlačenje slabije i privremeno, odnosno ono nestaje nakon prestanka djelovanja magnetskog polja [2].

Unutar dijamagnetičnih materijala koji se nalaze u vanjskom magnetskom polju stvara se slabo magnetsko polje, koje se suprotstavlja vanjskom magnetskom polju, a kao rezultat toga na te materijale djeluju magnetske sile koje ih „tjeraju“ prema području slabijeg magnetskog polja.

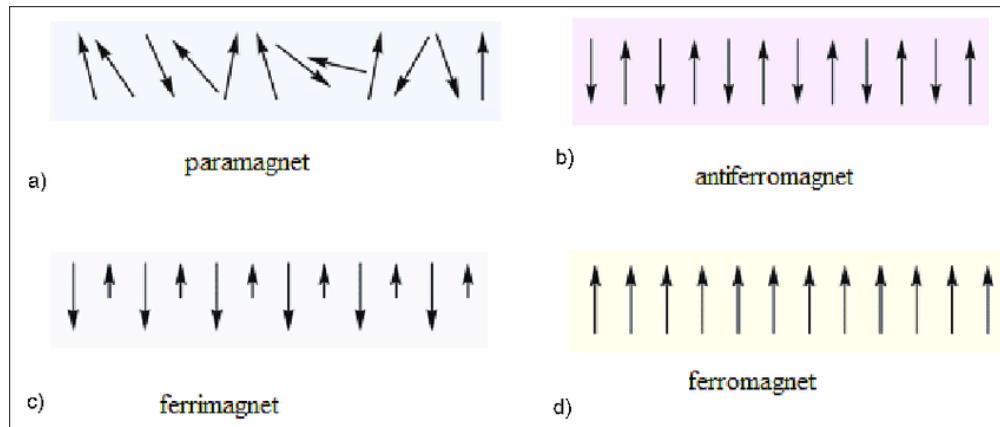


Slika 3. Prikaz razlike ponašanja paramagneta, feromagneta i dijamagneta u vanjskom magnetskom polju [11].

Feromagneti su materijali koji međudjeluju silom velikog iznosa s izvorom magnetskog polja te zadržavaju svoje magnetske osobine, poput trajne magnetizacije, čak i nakon što se udalje od izvora magnetskog polja. U feromagnetične materijale svrstavamo željezo, kobalt, nikal i njihove slitine. ja [2].

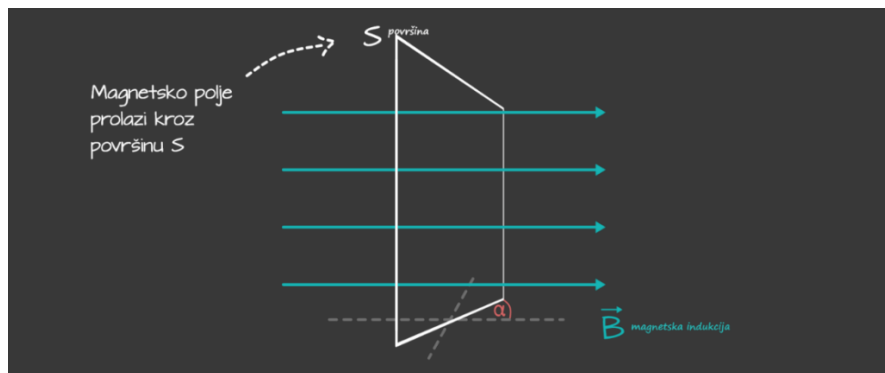
Antiferomagnetski materijali pod utjecajem vanjskog magnetskog polja gube sva magnetska svojstva zbog toga što imaju suprotno orijentirane magnetske momente između susjednih čestica ili atoma, a to rezultira poništenjem makroskopskog magnetskog polja (Slika 4b). U antiferomagnete ubrajamo manganov oksid, krom, kobaltov oksid i dr.

Ferimagnetski materijali su oni čiji atomi imaju magnetske momente suprotno orijentirane, ali im iznosi magnetskih momenata koji su suprotno orijentirani nisu jednaki (Slika 4c), stoga u materijalu ostaje spontana magnetizacija, različita od nule.



Slika 4. Orijentacija magnetskih momenata razlikuje se u različitim vrstama magnetskih materijala, što rezultira njihovim različitim magnetskim svojstvima. Usmjerenost magnetskih momenata za paramagnete, antiferomagnete, ferimagnete i feromagnete [12].

Magnetska indukcija je temeljna vektorska veličina koja opisuje magnetske pojave [1]. Iznosom je jednaka omjeru magnetskoga toka kroz površinu kroz koju magnetske silnice prolaze i ploštine te površine (Slika 5),  $B = \frac{d\phi}{dS}$ , gdje je  $B$  magnetska indukcija,  $\phi$  magnetni tok,  $S$  površina, a mjerna jedinica joj je Tesla (T).



Slika 5. Prikaz magnetskog toka kroz površinu  $S$  koja je nagnuta pod kutom  $\alpha$  u odnosu na magnetsko polje prikazano vektorom magnetske indukcije  $\vec{B}$  [13].

Konvencionalno se gustoća silnica povezuje s jakošću magnetske indukcije, tj. veća gustoća magnetskih silnica odgovara magnetskoj indukciji većeg iznosa [2].

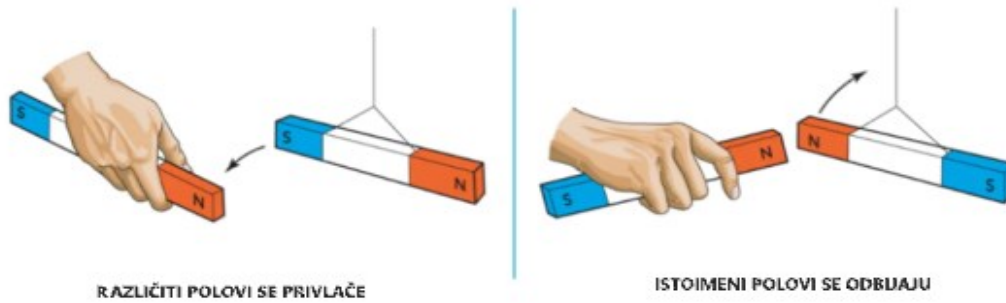
Jakost magnetskog polja  $\vec{H}$  je vektorska veličina koja je jednaka omjeru magnetske indukcije i magnetske permeabilnosti sredstva,  $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$ , gdje je  $\vec{B}$  magnetska indukcija (mjerna jedinica Tesla, T),  $\mu$  je magnetska permeabilnost materijala. Jakost magnetskog polja izražava se u amperima po metru (A/m). Magnetska permeabilnost je fizikalna veličina koja opisuje sposobnost materijala da provodi magnetsko polje [6].

Iznos magnetske sile između dva magnetska pola opisuje se izrazom:  $F_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$  (slično kao iznos Coulombove sile između dva naboja), gdje je  $F_m$  iznos magnetske sile,  $\mu_0$  magnetska permeabilnost vakuuma, koja iznosi  $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m,  $m_1, m_2$  su jakosti magnetskih polova, a  $r$  udaljenost između dva pola (Slika 6). Jakost magnetskog pola izražava se kao omjer magnetskog dipolnog momenta magneta i udaljenosti dvaju polova magneta [9].



Slika 6. Prikaz dva magnetska pola ( $m_1, m_2$ ) koja se međusobno privlače silom iznosa  $F$ , a nalaze se u sredstvu relativne permeabilnosti  $\mu_r$  [14].

Sila između dva magneta će biti privlačna ako su usmjereni magnetski polovi raznoimeni (jedan sjevernog, drugi južnog pola), a odbojna ako su magnetski polovi istoimeni (Slika 7).



Slika 7. Lijeva slika prikazuje privlačenje raznoimenih polova („S“ i „N“) dvaju magneta. Desna slika prikazuje odbijanje istoimenih polova („N“ i „N“) dva magneta [15].

### ***Pokus 1***

Pokusom će se prikazati djelovanje magneta na različite materijale.

### ***Ishodi učenja***

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete. [4]

## *Pribor*

- magneti
- olovka, papir, kamenčić, različite kovanice, spjalice za papir, plastična slamka, aluminijska folija (Slika 8)



Slika 8. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 1

## Radni listić 1

### Zadatak

- proučiti kako se određeni predmeti (načinjeni od različitih materijala) ponašaju u blizini magneta
- istražiti kako se spomenuti predmeti ponašaju kada se približe sjevernom, a kako kada se približe južnom polu magneta
- ispitati o čemu ovisi privlači li magnet neki predmet ili ne

### Upute za izvođenje

Jedan pol magneta približite jednom od danih predmeta (Slika 9) i zapišite svoja opažanja. Koristite različite predmete poput olovke, papira, drugog magneta, kovanice, spajalice, kamenčića, slamke i sl.

Ponovite pokus koristeći drugi kraj magneta. Zabilježite svoja opažanja.



Slika 9. Postavljanje predmeta u neposrednu blizinu magneta.

Predmet	Opažanje	
	Južni pol magneta	Sjeverni pol magneta
<i>olovka</i>		



<i>papir</i>		
<i>kovanica 5 centi</i>		
<i>kovanica 2 centa</i>		
<i>kovanica 1 euro</i>		
<i>spajalica za papir</i>		
<i>kamenčić</i>		
<i>plastična slamka</i>		
<i>magnet</i>		
<i>aluminijaska folija</i>		

1. Što je zajedničko predmetima koje je magnet privukao?

---



---



---

2. O čemu ovisi privlači li magnet neki predmet ili ne?

---



---



---

3. Kako se ponašaju magneti u neposrednoj blizini jedan drugoga?

---



---



---

4. Hoće li se predmeti privući i na drugi kraj magnetu?

---



---



---

***Zaključak***

---

---

---

---

---

---

---

---

### ***Rezultat***

Magnet privlači neke predmete, a neke ne. Oba pola magneta privukla su spajalice, kovanice od 2 i 5 centi i drugi magnet. Papir, plastična slamka, aluminijska folija, olovka i kamenčići nisu bili privučeni.

Istoimeni polovi dvaju magneta se odbijaju, a raznoimeni se privlače.

### ***Objašnjenje***

Magneti privlače feromagnetske materijale kada se nađu u njegovoj neposrednoj blizini, odnosno u njegovom magnetskom polju. Magnetski dipolni momenti unutar materijala počnu se orijentirati i usklađivati sa silnicama magnetskog polja magneta. To zauzvrat stvara privlačnu silu između magneta i feromagnetskog materijala (spajalica za papir, kovanice od 2 i 5 centi).

Materijale poput papira ili plastike magnet nije privukao jer unutar takvih materijala ne dolazi do orijentiranja magnetskih dipolnih momenata pod utjecajem vanjskog magnetskog polja, budući da ti materijali ne reagiraju na magnetska polja, što znači da se ne javljaju ni privlačne ni odbojne sile.

## ***Pokus 2***

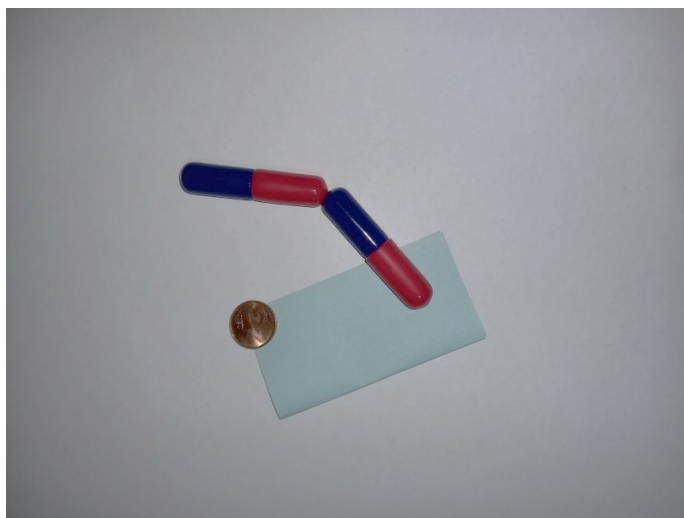
Pokusom će se prikazati privlačne, odnosno odbojne sile između polova dvaju magneta.

### ***Ishodi učenja***

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete. [4]

### ***Pribor***

- dva magneta
- jedna kovanica (1, 2 ili 5 centi)
- papir (Slika 10)



Slika 10. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 2

## ***Radni listić 2***

### ***Zadatak***

- ispitati što se događa kada istoimene i raznoimene polove magneta pokušamo približiti jedan drugome
- ispitati kako prisustvo materijala poput papira ili feromagnetskog materijala utječe na silu između magneta

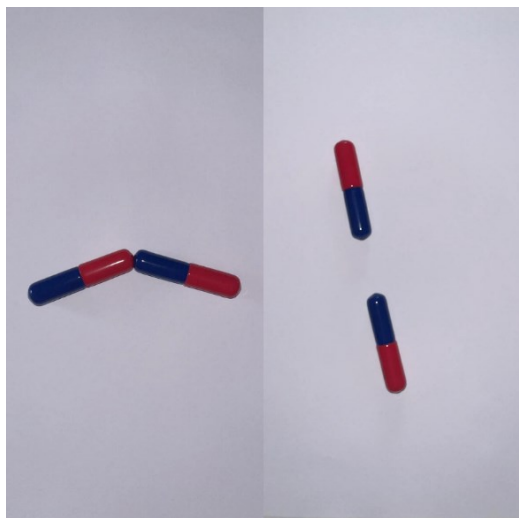
### ***Upute za izvođenje***

Istoimene polove dvaju magneta iz seta usmjerite jedan prema drugome i približavajte ih koliko je to moguće (Slika 11, desno). Zabilježite svoja opažanja.

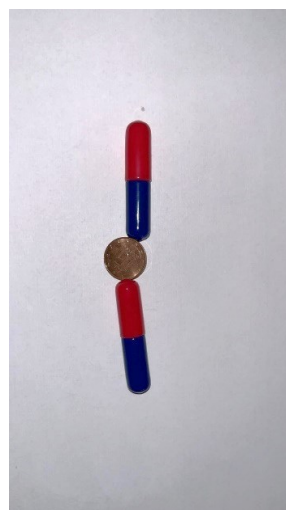
Ponovite isti postupak, ali tako da raznoimene polove približavate jedan drugome (Slika 11, lijevo).

Ponovite eksperiment (približavajte istoimene polove), ali tako da ovaj put između dva magneta stavite prvo samo kovanicu, zatim samo papir. Zabilježite što ste opazili.

Ponovite eksperiment, približavajte raznoimene polove, ali tako da ovaj put između dva magneta prvo stavite samo kovanicu, zatim samo papir (Slika 12). Zabilježite što ste opazili.



Slika 11. Postav magneta u Pokusu 2



Slika 12. Postav kovanice između magneta

Polovi dvaju magneta usmjereni jedan prema drugome	Opažanje
<i>istoimeni polovi</i>	
<i>raznoimeni polovi</i>	
<i>istoimeni polovi sa kovanicom između magneta</i>	
<i>raznoimeni polovi sa kovanicom između magneta</i>	
<i>istoimeni polovi sa papirom između magneta</i>	
<i>raznoimeni polovi sa papirom između magneta</i>	

1. Kako se magneti ponašaju kada usmjerite dva istoimena pola jedan drugome?

---



---



---

2. Kako se magneti ponašaju kada usmjerite dva raznoimena pola jedan drugome?

---



---



---

3. Što se događa kada stavite kovanicu između dva magneta kojem su istoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

---



---



---

4. Što se događa kada stavite kovanicu između dva magneta kojem su raznoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

---



---



---

5. Što se događa kada stavite papir između dva magneta kojem su istoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

---

---

---

6. Što se događa kada stavite papir između dva magneta kojem su raznoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

---

---

---

***Zaključak***

---

---

---

---

---

---

---

## ***Rezultat***

U prvom dijelu eksperimenta dva magneta su okrenuta jedan prema drugome, istoimenim polovima. Primijećeno je da se polovi odbijaju, tj. nije bilo moguće spojiti dva istoimena pola. U drugom dijelu eksperimenta dva magneta su okrenuti jedan prema drugome raznoimenim polovima. Osjetila se privlačna sila, tj. magneti su se „spojili“.

Dok je između magneta bila kovanica od 1, 2 ili 5 centi, a istoimeni polovi bili okrenuti jedan prema drugome, sila između polova bila je privlačna. Isto se opazilo približavajući raznoimene polove jedan prema drugome, dok je između polova bila kovanica.

Kada se između magneta nalazio papir, magneti su se ponašali kao u prvom i drugom dijelu pokusa, odnosno njihovi istoimeni polovi su se odbijali, a raznoimeni privlačili. Papir nije imao utjecaj na silu između magneta.

## ***Objašnjenje***

U blizini polova magneta iznos magnetskog polja je najveći. Kada se međusobno približe istoimeni polovi dvaju magneta, oni se odbijaju, dok se raznoimeni polovi privlače.

Na djelovanje magnetske sile između dva magneta ovisi materijal koji se nalazi između njih. U prethodnom pokusu sredstvo je bio zrak, kroz njega silnice polja neometano prolaze. Kada se između magneta postavi papir, silnice polja i dalje neometano prolaze kroz takav predmet. Ako je između dva magneta postavljena kovanica, koja je načinjena od feromagnetskog materijala, magnetski dipoli unutar kovanice počinju se usklađivati s vanjskim magnetskim poljima dvaju magneta te se stoga javljaju privlačne sile između dvaju magneta i kovanice.



### 3. MAGNETSKI DOSEG

#### *Teorijski uvod*

Iznos magnetske indukcije ( $B$ ) opada s kvadratom udaljenosti ( $r$ ) od magneta, tj.  $B \propto \frac{1}{r^2}$ . Kovanica koja je napravljena od feromagnetskih materijala ili sadrži takve materijale, bit će privučena magnetu zbog toga što se njezini dipolni magnetski momenti orijentiraju u smjeru vanjskog magnetskog polja (tj. magnetskog polja magneta).

#### *Pokus 3*

Pokusom će se istražiti magnetski doseg nekoga magneta.

#### *Ishodi učenja*

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete [4].

#### *Pribor*

- kovanice (1, 5, 10, 20 centi, 1, 2 eura )
- magnet (Slika 13)



Slika 13. Pribor potreban za izvođenja pokusa 3

### Radni listić 3

#### Zadatak

- ispitati koliko kovanica se može nanizati na magnet, tako da „lanac“ kovanica ne pukne

#### Upute za izvođenje

Na sjeverni pol jednog magneta iz seta nizati kovanice od 1 centa (Slika 14). U tablicu upišite koliko ste kovanica uspjeli nanizati na magnet.

Ponovite pokus s južnim polom magneta i kovanicama od 1 centa.

Oba dijela pokusa ponovite i s ostalim kovanicama, prvo s kovanicama od 5 centi, zatim od 10, itd.



Slika 14. Prikaz magnetskog dosega uz pomoć kovanica (1 cent).

Kovanice	Pol magneta	Opažanje
<i>1 cent</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>1 cent</i>	<i>južni</i>	
<i>5 centi</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>5 centi</i>	<i>južni</i>	

<i>10 centi</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>10 centi</i>	<i>južni</i>	
<i>20 centi</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>20 centi</i>	<i>južni</i>	
<i>1 euro</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>1 euro</i>	<i>južni</i>	
<i>2 eura</i>	<i>sjeverni</i>	
<i>2 eura</i>	<i>južni</i>	

1. Koliko najviše kovanica se može povezati na magnet? Koje su to kovanice?

---



---



---

2. Na koji pol (ako i jedan) se može nanizati više kovanica?

---



---



---

3. Istražite (uz pomoć interneta) od kakvih materijala su bile kovanice koje su bile najjače privučene na magnet.

---



---



---

### **Zaključak**

---



---



---



---



---



---



---

### ***Rezultat***

Kada je na magnet bila privučena prva kovanica, primjećuje se kako njom možemo privući i iduću. Ovo je vrijedilo za kovanice od 1 i 5 centi. Kovanice od 1 i 2 eura su bile slabije privučene na magnet u odnosu na 1 i 5 centi, dok kovanice od 10 i 20 centi nije bilo moguće privući magnetom.

Primijećeno je da se na oba pola (sjeverni i južni) magneta može nanizati jednak broj istovrsnih kovanica.

### ***Objašnjenje***

Ako su na magnet nizani materijali koje privlači trajni magnet, poput kovanica (ne svih, nego samo onih izrađenih od feromagnetskog materijala), tako naslagane kovanice djelovat će kao jedan veliki magnet te će se doseg magnetskog polja proširiti. To je zbog toga što se unutar feromagnetskih materijala magnetski dipolni momenti usmjeravaju prema vanjskom magnetskom polju pa je sam materijal sposoban privući druge feromagnetske objekte i tako „proširiti“ doseg magneta.

Treba napomenuti da nije moguće nanizati beskonačno mnogo kovanica, jer iznos magnetske indukcije magneta opada s udaljenošću od magneta, a time i njegov utjecaj na magnetske domene unutar kovanica.

## 4. MAPIRANJE MAGNETSKOG POLJA

### *Teorijski uvod*

Mapiranje magnetskog polja pomaže vizualizirati smjer magnetskog polja (u nekoj točki prostora) oko (u našem slučaju štapićastog) magneta. Za mapiranje polja koristit će se svojstvo magnetske igle kompasa: magnetska igla kompasa usmjerava se u smjeru tangenti na silnice magnetskog polja.

### *Pokus 4*

Pokusom će se prikazati smjer magnetskog polja oko štapićastog magneta u nekoliko izabranih točaka.

### *Ishodi učenja*

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete [4].

### *Pribor*

- papir
- kompas
- olovka
- magnet



Slika 15. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 4

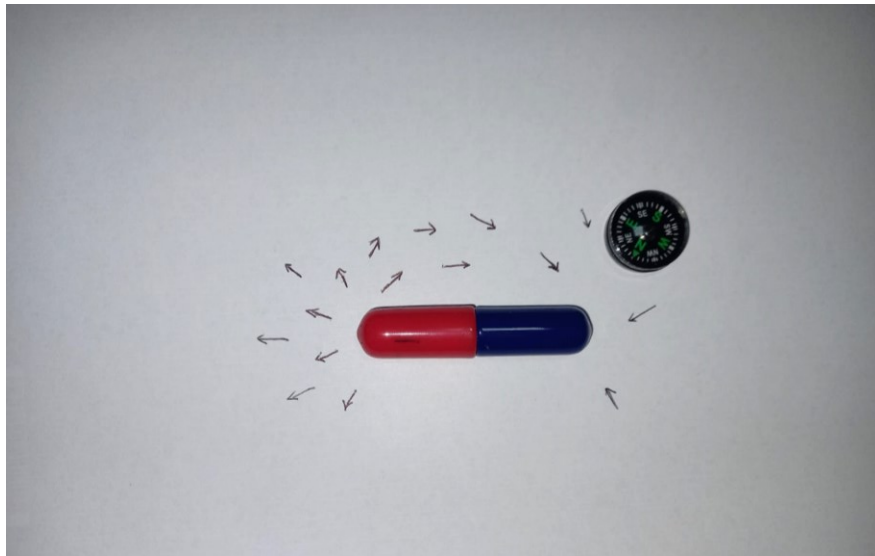
## *Radni listić 4*

### *Zadatak*

- mapirati, tj. nacrtati smjer magnetskog polje oko štapićastog magneta u nekoliko izabranih točaka

### *Upute za izvođenje*

Uzmite jedan magnet iz seta i postavite ga na papir. Magnet mora biti nepomičan. Kompas postavite na podlogu, u blizini magneta. Promotrite smjer koji pokazuje magnetska igla (od oznake „S“ na kompasu do oznake „N“ na kompasu) i na papiru ispod magneta ucrtajte strelicu, tako da se ona nalazi na mjestu gdje je bila magnetska igla, a smjer strelice je od oznake „S“ prema oznaci „N“. Nakon toga pomaknite kompas i ponovite postupak. Učinite to što više puta, kako biste mogli bolje vizualizirati magnetsko polje.



Slika 16. Mapiranje polja oko štapićastog magneta uz pomoć kompasa



1. Što primjećujete kada pomjerate kompas oko magneta?

---

---

---

2. Kako se mijenja smjer igle kompasu kad ga približite ili udaljite od magneta?

---

---

---

3. Postoje li točke u kojima igla kompasu naglo mijenja smjer?

---

---

---

4. Na temelju strelica koje ste nacrtali, kako biste opisali oblik magnetskog polja oko magneta?

---

---

---

***Zaključak***

---

---

---

---

---

---

### ***Rezultat***

Rezultat eksperimenta prikazuje mnoštvo nacrtanih strelica oko magneta, koje vizualiziraju smjer magnetskog polja u izabranim točkama. Strelice su usmjerene prema smjeru kopmase (početak na sjevernom magnetskom polu igle kompasa, a kraj na južnom magnetskom polu igle kompasa).

### ***Objašnjenje***

Igla kompasa u svakom se dijelu prostora poravnala u smjeru tangente na silnice magnetskog polja. Ucertane strelice oko štapićastog magneta prikazuju smjerove polja u odabranim točkama. U svakoj točki prostora polje je usmjereno od sjevernog prema južnom polu magneta.

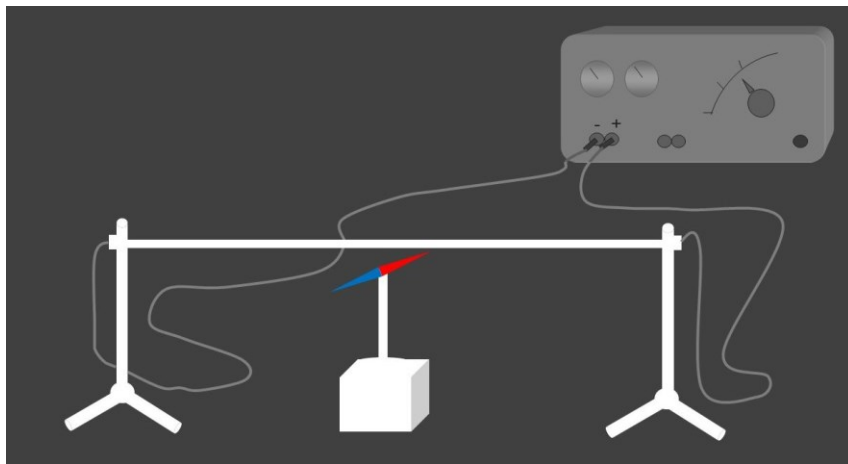
## 5. ØRSTEDOVO OTKRIĆE

### *Teorijski uvod*

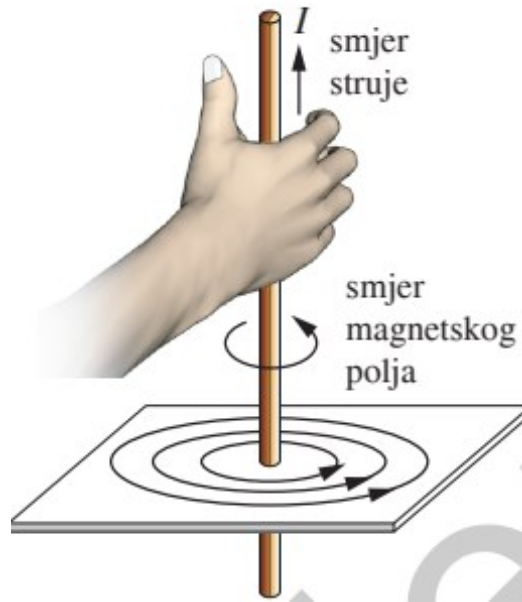
Hans Christian Ørsted bio je danski fizičar i kemičar te profesor na Sveučilištu u Kopenhagenu. Godine 1820. dok je pripremao svoje predavanje, primijetio je da se magnetska igla zakreće okomito na smjer žice (u čijoj blizini se nalazi) kojom teče istosmjerna struja i tako otkrio magnetski učinak električne struje.

Kada se magnetska igla postavi paralelno iznad žice koja je spojena na polove akumulatora, dolazi do zanimljivog fenomena, magnetska igla se otkloni od svojeg prvotnog smjera, kako je prikazano na Slici 17. Ovaj otklon postaje sve izraženiji s povećanjem intenziteta električne struje, što ukazuje na direktan utjecaj jakosti struje na magnetsko polje koje se stvara oko žice. Promijeni li se smjer struje, igla se otkloni na drugu stranu. Ako postavimo magnetsku iglu ispod žice, njezin otklon će biti suprotnog smjera od onoga kad je žica iznad nje. Zaključuje se da oko električne struje postoji magnetsko polje.

Magnetsko polje oko ravnog vodiča nastaje samo kada kroz vodič prolazi struja, a silnice polja su oblika koncentričnih kružnica. Smjer polja određuje se pravilom desne ruke, tako da se palac postavi u smjeru struje, a savijeni prsti desne ruke pokazuju smjer magnetskog polja (Slika 18).



Slika 17. Prikaz Ørstedovog pokusa: žica kratko spojena na bateriju, ispod žice postavljena magnetska igla [8].



Slika 18. Magnetsko polje ravnog vodiča- pravilo desne ruke [16].

### ***Pokus 5***

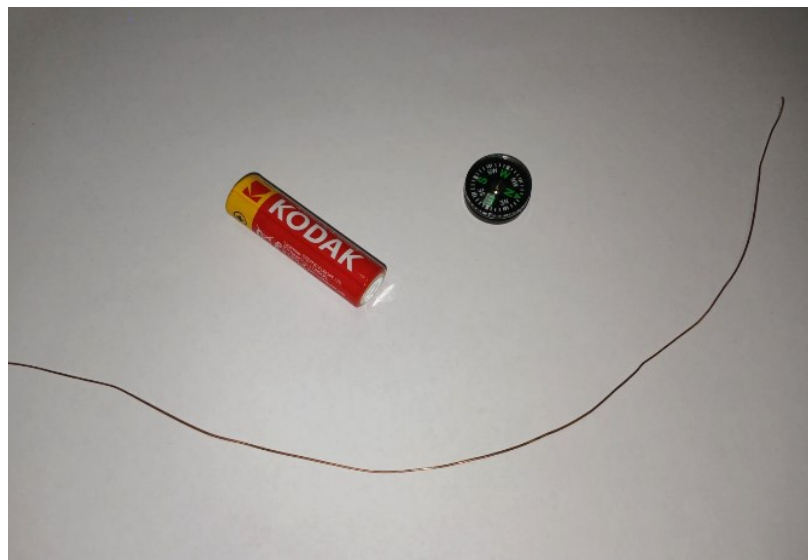
Pokusom će se istražiti ponašanje magnetske igle u blizini vodiča kojim teče struja.

### ***Ishodi učenja***

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete.
- Povezuje nastanak magnetskog polja s gibanjem naboja.
- Opisuje magnetsko djelovanje električne struje [4].

### *Pribor*

- kompas
- bakrena žica (duljine oko 10 cm)
- izolir traka
- baterija (Slika 19)



Slika 19. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 5

## ***Radni listić 5***

### ***Zadatak***

- izvesti Ørstedov pokus uz pomoć danog pribora

### ***Upute za izvođenje***

Ispod vodljive žice postavite kompas, tako da je igla kompasa paralelna sa žicom. Zatim žicu kratko spojite s izvorom elektromotorne sile, odnosno baterijom (Slika 20): spojite jedan kraj žice na pozitivan, a drugi kraj žice na negativan pol baterije. Žicu pričvrstite na bateriju pomoću izolir trake. Napomenimo da električna struja teče od pozitivnom k negativnom polu baterije (na Slici 21, struja bi tekla u smjeru kazaljke na satu).

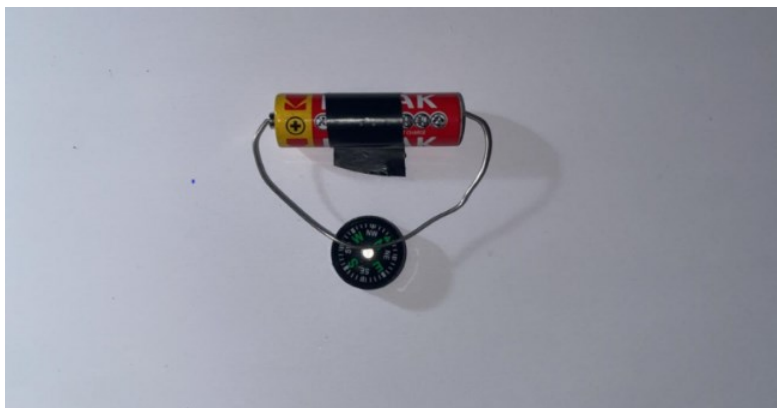
Bilježite svoje opažanje (što se događa s iglom kompasa kada žicom poteče električna struja).

Odspojite žicu s krajeva baterije.

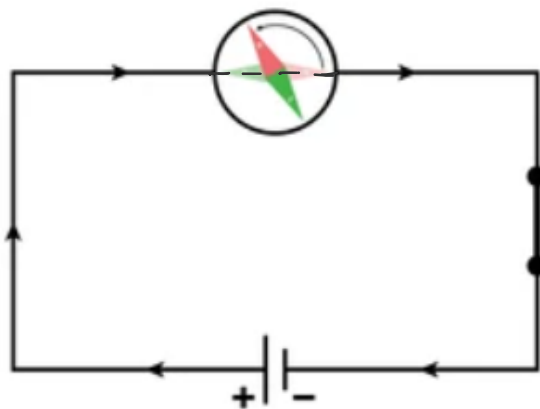
Zatim promijenite orijentaciju baterije, tj. Vodljivu žicu koja je prethodno bila spojena na pozitivan kraj baterije sada spojite na negativan kraj, a onu koja je bila spojena na negativan pol, spojite na pozitivan pol baterije. Time ćete postići da struja teče u suprotnom smjeru (na Slici 21, to bi značilo da struja teče u suprotnom smjeru od kazaljke na satu), u odnosu na prethodni slučaj. Bilježite svoje opažanje.

Zatim ponovite oba dijela pokusa, ali kompas postavite iznad žice i ponovo bilježite svoja opažanja.

Ponovite oba dijela pokusa (tj. dio pokusa kada struja teče u smjeru kazaljke na satu i suprotno od smjera kazaljke na satu) ali ovaj put kompas postavite ispod žice tako da je magnetska igla okomita na žicu. Zabilježite opažanja.



Slika 20. Postav aparature za pokus 5; na krajeve baterije spojena je žica, a ispod žice postavljen je kompas.



Slika 21. Prikaz sheme Ørstedovog pokusa (kompas postavljen ispod vodiča) [17].

Smjer struje (prema Slici 21)	Pozicija kompasa (magnetska igla paralelna s vodičem)	Opažanje
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	

Smjer struje (prema Slici 21)	Pozicija kompasa (magnetska igla okomita na vodič)	Opažanje
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	

1. Što se događa s magnetskom iglom kada kratko spojimo žicu koja se nalazi iznad nje?

---



---



---

2. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljen (ispod i paralelno u odnosu na vodič) kao na Slici 21?

---



---



---

3. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljen (iznad i paralelno u odnosu na vodič)?

---



---



---

4. Vraća li se igla kompasa u svoj prvobitni položaj kada se isključi struja?

---



---



---



5. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljene okomito u odnosu na vodič?

---

---

---

***Zaključak***

---

---

---

---

---

---

### ***Rezultat***

Kada je žica spojena na bateriju i njome teče električna struja i pri tome se kompas nalazi ispod žice, magnetska igla će se zarotirati. Ako se promijeni smjer struje u vodiču, to rezultira promjenom smjera zakretanja igle kompasu. Dakle, kada su krajevi žice bili spojeni na suprotne polove baterije, igla kompasu se zakretala u suprotnom smjeru u odnosu na prvobitno stanje. Kada je kompas bio postavljen ispod (i iznad) žice, a njegova magnetska igla okomita na žicu, ništa se nije događalo, magnetska igla je mirovala.

### ***Objašnjenje***

Kada vodičem protječe struja, odnosno kada krajeve žice spojimo na bateriju, oko vodiča se stvara magnetsko polje, koje djeluje na magnetsku iglu kompasu magnetskom silom, tako što izaziva njen odklon.

Kad se magnetska igla postavi okomito na vodič kroz koji prolazi struja, nikakve promjene se ne opažaju (magnetska igla miruje). Međutim, postavi li se magnetska igla paralelno s vodičem kroz kojeg teče struja, igla se zakreće. To je zbog toga što su magnetske silnice oko ravnog vodiča koncentrične kružnice te se magnetska igla poravnava u smjeru tangenti na silnice magnetskog polja. U drugom dijelu pokusa, kada je igla u početku bila postavljena okomito na vodič, nije došlo do odklona igle jer je već bila usmjerena u smjeru tangenti na silnice magnetskog polja.

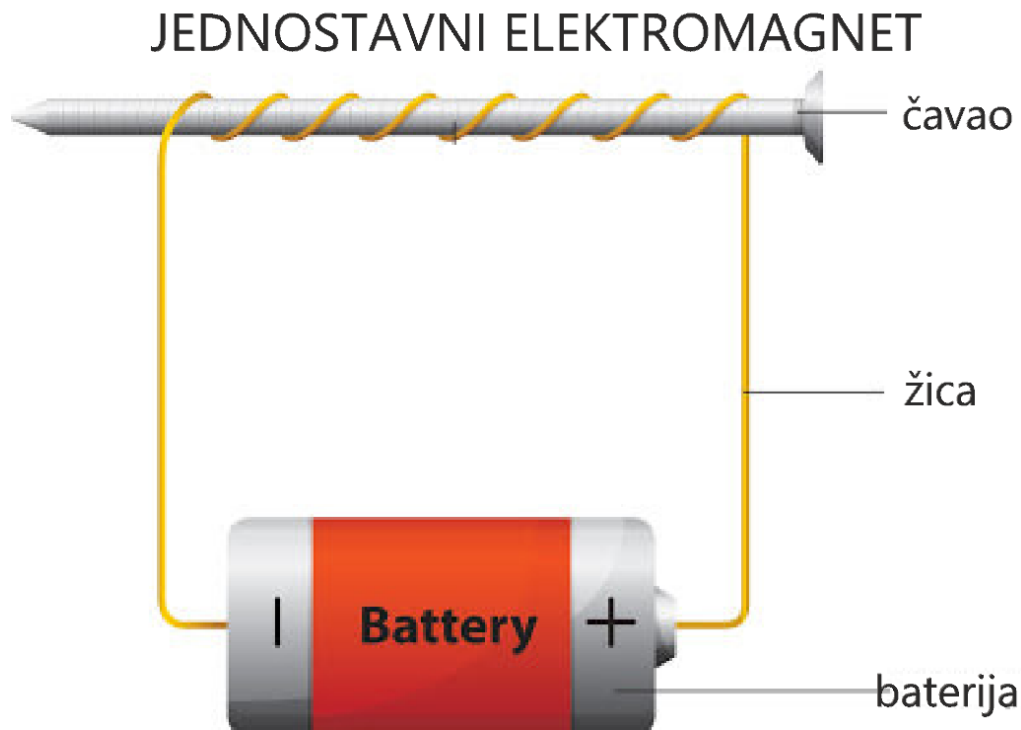
Primijećeno je da se igla kompasu zakreće u različitim smjerovima ovisno o smjeru električne struje kroz vodič. Ova promjena u smjeru zakretanja igle jasno pokazuje da magnetsko polje stvoreno oko vodiča ovisi o smjeru protoka električne struje kroz vodič.

## 6. NATJECANJE ELEKTROMAGNETA

### *Teorijski uvod*

Elektromagnet je uređaj koji pokazuje magnetska svojstva samo dok njime teče električna struja. Naime, u prostoru oko vodiča kroz kojeg prolazi električna struja stvara se magnetsko polje. Za razliku od običnog magneta, elektromagnet se može uključiti i isključiti. Kao i trajni magnet, elektromagnet privlači predmete načinjene od feromagnetskih materijala koji se nalaze u njegovoj neposrednoj blizini.

Najjednostavniji elektromagnet je električna zavojnica kroz koju može teći električna struja (Slika 22), a unutar zavojnice nalazi se jezgra od feromagnetskog materijala. Kada struja teče kroz zavojnicu, ona stvara magnetsko polje, koje magnetizira jezgru. Iznos magnetske indukcije zavojnice povećava se s povećanjem jakosti struje i povećanjem broja namotaja žice. Mijenjanjem smjera struje u zavojnici, mijenja se i smjer magnetskog polja kojeg stvara zavojnica [7].



Slika 22. Prikaz jednog jednostavnog elektromagneta [18].

## ***Pokus 6***

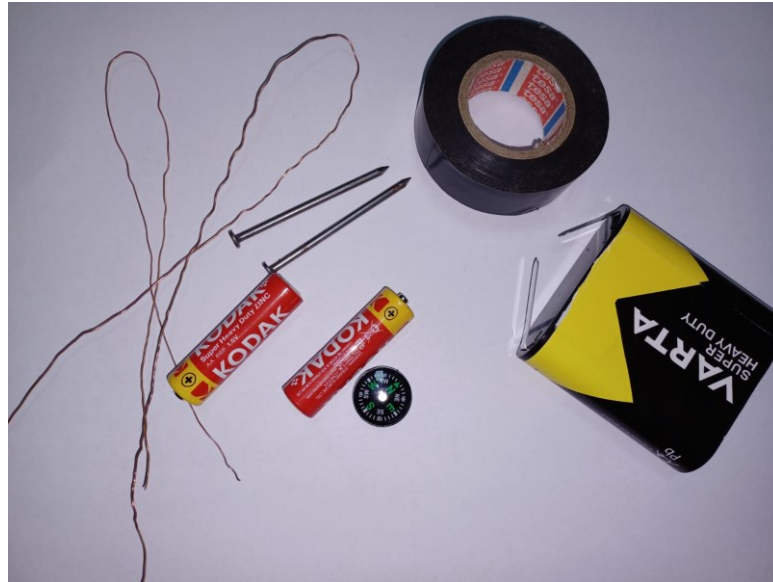
Pokusom će se usporediti jakosti magnetskih polja dvaju elektromagneta.

### ***Ishodi učenja***

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete.
- Povezuje nastanak magnetskog polja s gibanjem naboja.
- Analizira učinke električne struje u jednostavnom strujnom krugu.
- Opisuje magnetsko djelovanje električne struje [4].

### ***Pribor***

- dvije izolirane vodljive žice duljine 30 cm
- baterije različitih elektromotornih sila (npr. dvije AA baterije, jedna 3R12 baterija)
- čavli
- kompas
- izolir traka (Slika 23)



Slika 23. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 6

## ***Radni listić 6***

### ***Zadatak***

- izraditi dva elektromagneta i odrediti koji od njih stvara magnetsko polje veće jakosti

### ***Upute za izvođenje***

Uzmite dva jednaka čavla te na svaki namotajte po jednu vodljivu žicu. Potrebno je namotati žice usko uz čavao (jednako gusto), ali s različitim brojem namotaja (npr. na jedan čavao namotati 10, na drugi 15 namotaja). Pomoću izolir trake spojite krajeve žice na polove AA baterija. Na taj način izradili ste dva elektromagneta.

Elektromagnete postavite jedan pored drugoga, tako da čavli leže jedan nasuprot drugome (kao na Slici 24) te da struje u zavojnicama teku u suprotnim smjerovima (to ćete postići tako da istoimene polove dviju baterija postavite jedan nasuprot drugome, kao na Slici 24)

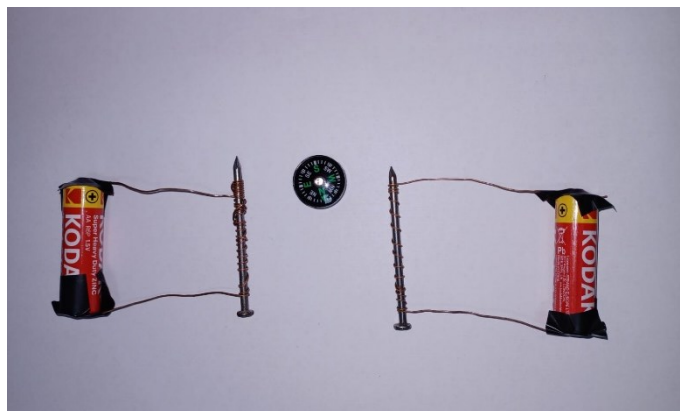
U blizinu elektromagneta, a između čavala, postavite kompas, tako da je kompas jednako udaljen od oba elektromagneta (obje zavojnice).

Zabilježite kako se otklonila igla kompasa.

Ponovite pokus, ali tako da oba elektromagneta imaju jednak broj i gustoću namotaja žice, ali koristite baterije različitih elektromotornih sila. Zabilježite svoja opažanja.

Još jednom ponovite pokus; ovaj put s jednakim brojem namotaja žice, ali sa različitom gustoćom namotaja (na jednom čavlu gusto namotana žica, na drugom rjeđe). Koristite jednake baterije. Zabilježite svoja opažanja.

Napomena: kako bi prvi dio pokusa bio što bolje izveden, preporuka je koristiti nove baterije.



Slika 24. Postav pokusa natjecanja elektromagneta

	Elektro- magnet	Baterija	Broj namotaja žice	Gustoća namotaja žice	Opažanja
Prvi dio pokusa	1	AA	10	<i>jednaka</i>	
	2	AA	15	<i>jednaka</i>	
Drugi dio pokusa	1	AA	10	<i>jednaka</i>	
	2	3R12	10	<i>jednaka</i>	
Treći dio pokusa	1	AA	10	<i>gušće</i>	
	2	AA	10	<i>rjeđe</i>	

1. Kako se usmjerio kompas kada ste ga postavili između dva elektromagneta s različitim brojem namotaja?

---



---



---

2. Kako se usmjerio kompas kada ste ga postavili između dva elektromagneta s različitom gustoćom namotaja na čavlu?

---



---



---

3. Što se dogodilo kada ste upotrijebili baterije različitih elektromotornih sila (u slučaju kada je postavljen između čavala s jednakim brojem namotaja)?

---



---

---

---

***Zaključak***

---

---

---

---

---



## ***Rezultat***

Kada su elektromagneti bili postavljeni na jednakoj udaljenosti u odnosu na kompas i k tome su isti polovi okrenuti jedan prema drugom, igla kompasa se zarotirala i pokazala u smjeru elektromagneta s većim brojem namotaja.

U drugom dijelu pokusa, kada su se koristile baterije različitih elektromotornih sila, magnetska igla kompasa se zarotirala prema elektromagnetu koji je imao bateriju veće elektromotorne sile.

U trećem dijelu pokusa kada su se koristile jednake baterije, ali ovaj put je raspodjela namotaja bila drugačija, odnosno na jednom čavlu je žica bila gušće namotana, na drugom rjeđe, magnetska igla se usmjerila prema elektromagnetu s gušćom raspodjelom namotaja.

## ***Objašnjenje***

Kada je kroz zavojnicu puštena struja, tj. kada je žica bila kratko spojena sa baterijom, oko nje se stvorilo magnetsko polje.

Magnetska igla kompasa uvijek se poravnava prema vanjskom magnetskom polju. U ovom pokusu, vanjsko magnetsko polje potjecalo je od dva elektromagneta. Budući da je magnetsko polje vektorska veličina, u svakoj točki prostora ukupno magnetsko polje jednako je vektorskom zbroju polja koja potječu od dva elektromagneta.

Igla kompasa usmjerava se prema ukupnom magnetskom polju, odnosno više se zakreće prema onom elektromagnetu čije polje ima veću jakost.

Jakost magnetskog polja se povećava s nekoliko ključnih faktora, a to su: jakost struje kroz zavojnicu (veća jakost struje daje magnetsko polje veće jakosti), broj namotaja (više namotaja povećava ukupno magnetsko polje), gustoća namotaja (ako su namotaji bliže jedan drugome magnetsko polje je veće jakosti).

## 7. VRTLOŽNE STRUJE

### *Teorijski uvod*

Vrtložne struje (Foucaultove struje) su petlje električne struje, inducirane unutar vodiča, uslijed promjenjivog magnetskog polja u vodiču. [6]. Vrtložne struje teku u zatvorenim krugovima unutar vodiča, u ravninama okomitim na vanjsko magnetsko polje [1]. Prema Lentzovom pravilu, smjer vrtložne struje je takav da se njezino magnetsko polje suprotstavlja promjeni magnetskog toka koje ju je stvorilo. Vrtložne struje se koriste kao kočioni sustavi kod vlakova ili na rollercoasterima, s obzirom da elektromagnetske sile usporavaju vlak, pri čemu nema fizičkog kontakta, nema ni mehaničkog trošenja kočnica.

### *Pokus 7*

Pokusom će se demonstrirati kako vrtložne struje utječu na gibanje magneta kroz bakrenu i plastičnu cijev.

### *Ishodi učenja*

- Opisuje svojstva magneta i magnetsko polje.
- Opisuje magnetski tok.
- Uspoređuje permanentne magnete i elektromagnete.
- Povezuje nastanak magnetskog polja s gibanjem naboja.
- Opisuje magnetsko djelovanje električne struje [4].

### *Pribor*

- magnet
- malo drveno tijelo
- bakrena i plastična cijev jednakih duljina (Slika 25)



Slika 25. Pribor potreban za izvođenje Pokusa 7

## Radni listić 7

### Zadatak

- istražiti stvaranje vrtložnih struja i uvjete pod kojima se one stvaraju

### Upute za izvođenje

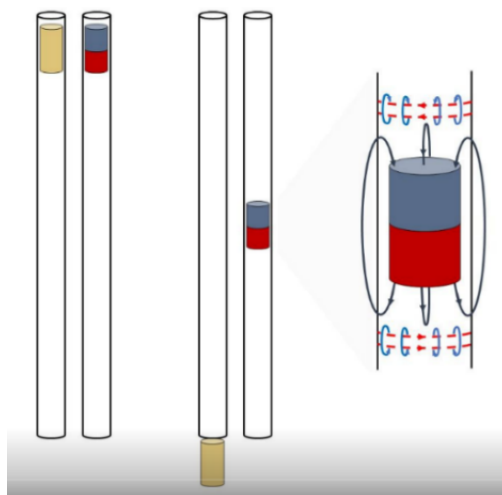
Uzmite magnet te ga pustite u slobodan pad s visine jednake duljini cijevi koje koristite u pokusu. Štopericom mjerite vrijeme pada.

Ponovite mjerenje, ali ovaj put koristite magnet koji slobodno pada.

Zatim pustite drveno tijelo u slobodan pad kroz plastičnu cijev i mjerite vrijeme pada.

Ponovite ovaj dio pokusa koristeći magnet.

Drveno tijelo i magnet jedan po jedan pustite u slobodan pad kroz bakrenu cijev i mjerite vrijeme pada (Slika 26).



Slika 26. Prikaz pokusa s vrtložnim strujama. Pribor korišten u pokusu malo drveno tijelo, magnet, bakrena i plastična cijev [8].

Vrsta cijevi	Tijelo	Opazanje
<i>van cijevi</i>	<i>drveno tijelo</i>	
<i>van cijevi</i>	<i>magnet</i>	
<i>plastična</i>	<i>drveno tijelo</i>	
<i>plastična</i>	<i>magnet</i>	
<i>bakrena</i>	<i>drveno tijelo</i>	
<i>bakrena</i>	<i>magnet</i>	

1. Primjetite li razlike u vremenu padanja magneta kroz obje cijevi i kad pada slobodno, bez cijevi?

---



---



---

2. Primijete li razlike u vremenu padanja drvenog tijela kroz obje cijevi i kad pada slobodno, bez cijevi?

---



---



---

***Zaključak***

---



---



---



---



---



---

### ***Rezultat***

Kada je drveno tijelo pušteno kroz obje cijevi, vidjelo se kako je vrijeme padanja, skoro jednako kao i kada je tijelo pušteno u slobodan pad u zraku. Kada je kroz plastičnu cijev pušten magnet, vrijeme njegovog pada bilo je jednako kao i kod slobodnog pada magneta bez cijevi. Kada je magnet pušten kroz bakrenu cijev, vrijeme pada je bilo znatno duže.

### ***Objašnjenje***

Na sva tijela tijekom pada djeluje sila teža, usmjerena vertikalno prema dolje. Kada je magnet pušten kroz bakrenu cijev, njegovim prolaskom nastala je promjena magnetskog toka u cijevi i kao posljedica toga nastale su struje (vrtložne struje). One oko sebe stvaraju magnetsko polje koje se suprotstavlja promjeni toka zbog kojeg je to polje nastalo. Ovo magnetsko polje međudjeluje s magnetom koji se giba unutar cijevi i na njega djeluje magnetska sila u smjeru vertikalno prema gore, što uzrokuje usporenje pada magneta.

## 8. ZAKLJUČAK

Uz nekoliko pokusa izvedenih uz pomoć pribora „Sciensation“, pokazane su neke od osnovnih pojava vezanih za magnetizam i elektromagnetizam. U poglavljima „Magnetizam“, „Magnetski doseg“ i „Mapiranje magnetskog polja“ prikazani su pokusi u kojima se proučavalo međudjelovanje magneta i tijela načinjenih od različitih materijala, proučavan je magnetski doseg magneta te kako se on može proširiti. Opisano je magnetsko polje štapićastog magneta te kako se ono može vizualizirati uz pomoć olovke i kompasa.

U poglavlju „Ørstedovo otkriće“ spomenut je istoimeni pokus koji je dokazao da se oko vodiča kojim teče električna struja stvara magnetsko polje. „Natjecanje elektromagneta“ je poglavlje u kojem je istraženo kako napraviti jednostavan elektromagnet, te koji su to važni faktori kod izrade istoga kako bi on inducirao magnetsko polje što većeg iznosa. U poglavlju koje govori o vrtložnim strujama istraženo je kako promjenjiva magnetska polja uzrokuju zanimljive posljedice, poput stvaranja novog polja suprotnog smjera. Ova pojava je vrlo korisna, primjerice kod elektromagnetskih kočnica, koje nalaze široku primjenu u različitim područjima današnjeg svijeta.

U radu su, osim magneta i njihovih svojstava i djelovanja, spominjani i različiti materijali i njihova svojstva. Neki materijali su poznati kao trajni magneti, karakterizira ih što imaju stalno magnetsko polje i zadržavaju svoje magnetske osobine bez potrebe za vanjskim utjecajem. Drugi materijali, feromagnetski su materijali koji imaju snažan odziv na magnetsko polje. Zatim imamo i inducirane magnetite, koji postaju privremeni magneti samo dok su izloženi vanjskom magnetskom polju i gube svoj magnetizam nakon što se vanjski faktor ukloni.

Pribor „Sciensation“ pokazao se kao izuzetno koristan, kompaktan i primjenjiv u nastavi fizike, za teme iz područja magnetizma i elektromagnetizma. „Sciensation“ nije novi didaktički model niti je nova metoda poučavanja. Naprotiv, podučavanje kratkim praktičnim eksperimentima sve je češća praksa u školama diljem svijeta. Cilj ovog pribora i rada je olakšati integraciju većeg broja eksperimenata u svakodnevnu nastavu te približiti znanost učenicima [6].

## 9. DODATAK

### Radni listić 1

Predmet	Opažanje	
	Južni pol magneta	Sjeverni pol magneta
<i>olovka</i>	<i>nema privlačenja</i>	<i>nema privlačenja</i>
<i>papir</i>	<i>nema privlačenja</i>	<i>nema privlačenja</i>
<i>kovanica 5 centi</i>	<i>privlačenje</i>	<i>privlačenje</i>
<i>kovanica 2 centa</i>	<i>privlačenje</i>	<i>privlačenje</i>
<i>kovanica 1 euro</i>	<i>privlačenje</i>	<i>privlačenje</i>
<i>Spajalica za papir</i>	<i>privlačenje</i>	<i>privlačenje</i>
<i>kamenčić</i>	<i>nema privlačenja</i>	<i>nema privlačenja</i>
<i>plastična slamka</i>	<i>nema privlačenja</i>	<i>nema privlačenja</i>
<i>magnet</i>	<i>privlačenje (suprotnim polom)</i>	<i>privlačenje (suprotnim polom)</i>
<i>aluminijaska folija</i>	<i>nema privlačenja</i>	<i>nema privlačenja</i>

1. Što je zajedničko predmetima koje je magnet privukao?

Magnet je privukao predmete koji u sebi sadrže feromagnetski materijal. Magnet je privukao drugi magnet.

2. O čemu ovisi privlači li magnet neki predmet ili ne?

O vrsti materijala od kojega je predmet napravljen.

3. Kako se ponašaju magneti u neposrednoj blizini jedan drugoga?

Ovisno o tome kako su orijentirani, istoimeni polovi u neposrednoj blizini su se odbijali, dok su se raznoimeni polovi privlačili.

4. Hoće li se predmeti privući i na drugi kraj magneta?

Hoće. Predmeti koje je jedan kraj magneta privukao, privukao je i njegov drugi kraj.



## **Zaključak**

Vidjeli smo kako je magnet privukao neke predmete, a neke nije. Zaključujemo da se to razlikuje zbog materijala predmeta. Magneti privlače predmete izrađene od feromagnetskog materijala (recimo kovanica od 1, 2 centa ili spajalica), dok predmete poput papira i plastike ne može privlačiti, jer su oni načinjeni od dijamagnetskih i paramagnetskih materijala, odnosno materijala koji ne pokazuju značajnu magnetsku reakciju (reakciju na magnetsko polje).

## Radni listić 2

Usmjerenost polova	Opažanje
<i>istoimeni polovi</i>	<i>odbijaju se</i>
<i>raznoimeni polovi</i>	<i>privlače se</i>
<i>istoimeni polovi sa kovanicom između</i>	<i>privlače se</i>
<i>raznoimeni polovi sa kovanicom između</i>	<i>privlače se</i>
<i>istoimeni polovi sa papirom između</i>	<i>odbijaju se</i>
<i>raznoimeni polovi sa papirom između</i>	<i>privlače se</i>

1. Kako se magneti ponašaju kada usmjerite dva istoimena pola jedan drugome?

*Kada su dva istoimena pola magneta umjerena jedan prema drugome, magneti se odbijaju.*

2. Kako se magneti ponašaju kada usmjerite dva raznoimena pola jedan drugome?

*Kada su dva raznoimena pola magneta umjerena jedan prema drugome, magneti se privlače.*

3. Što se događa kada stavite kovanicu između dva magneta kojem su istoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

*Kada stavimo kovanicu između dva magneta s istoimenim polovima usmjerenim jedan prema drugome, magneti se privlače.*

4. Što se događa kada stavite kovanicu između dva magneta kojem su raznoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

*Kada stavimo kovanicu između dva magneta s raznoimenim polovima usmjerenim jedan prema drugome magneti, se privlače.*

5. Što se događa kada stavite papir između dva magneta kojem su istoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

Kada stavimo papir između dva magneta s istoimenim polovima usmjerenim jedan prema drugome magneti se odbijaju.

6. Što se događa kada stavite papir između dva magneta kojima su raznoimeni polovi usmjereni jedan prema drugome?

Kada stavimo papir između dva magneta s raznoimenim polovima usmjerenim jedan prema drugome, magneti se privlače.

### **Zaključak**

U ovom pokusu smo vidjeli kako se magneti ponašaju ovisno o usmjerenosti polariteta i materijalu postavljenom između njih. Kada su dva magneta s istoimenim polovima bili usmjereni jedan prema drugome, oni su se odbijali, dok su suprotni polovi privlačili jedan drugoga. Isto je vrijedilo dok je između magneta bio papir – sile su jednako djelovale. Kada je kovanica (koja sadrži feromagnetski materijal) bila između dva magneta, bez obzira na orijentaciju polova, oba magneta su se privlačila.

### Radni listić 3

Kovanice	Pol magneta	Opažanje
1 cent	sjeverni	moguće je nanizati najviše 5 kovanica
1 cent	južni	moguće je nanizati najviše 5 kovanica
5 centi	sjeverni	moguće je nanizati najviše 4 kovanice
5 centi	tijužni	moguće je nanizati najviše 4 kovanice
10 centi	sjeverni	magnet ih ne privlači
10 centi	južni	magnet ih ne privlači
20 centi	sjeverni	magnet ih ne privlači
20 centi	južni	magnet ih ne privlači
1 euro	sjeverni	magnet može privući jednu kovanicu
1 euro	južni	magnet može privući jednu kovanicu
2 eura	sjeverni	magnet može privući jednu kovanicu
2 eura	južni	magnet može privući jednu kovanicu

1. Koliko najviše kovanica se može povezati na magnet? Koje su to kovanice?

Najviše (5) kovanica je bilo moguće nanizati na magnet. To su bile kovanice od 1 centa.

2. Na koji pol (ako i jedan) se može nanizati više kovanica?

Na oba pola se mogao nanizati jednak broj kovanica.

3. Istražite od kakvih materijala su bile kovanice koje su bile najjače privučene na magnet.

Kovanice koje su bile najjače privučene magnetom (1 i 5 centi) su izrađene od čelične jezgre te obložene bakrom.

### **Zaključak**

U pokusu smo primijetili da privlačnost magneta ovisi o vrsti materijala od kojeg su kovanice izrađene. Kovanice koje sadrže feromagnetske materijale, poput čelika (1 i 5 centi), bile su snažno privučene magnetom. Kovanice koje nisu bile izrađene od feromagnetskog materijala, poput slitina bakra i nikla (10 i 20 centi), nisu pokazale privlačnost. Kovanice od 1 i 2 eura pokazale su slabiju

privlačnost jer one sadrže sloj feromagnetskog materijala, ali u manjoj mjeri. Pokus potvrđuje da magnet privlači samo materijale koji sadrže feromagnetske komponente.

#### **Radni listić 4**

1. Što primjećujete kada pomjerate kompas oko magneta?

Kada pomjeramo kompas oko magneta, primjećujemo da se smjer koji pokazuje magnetska igla mijenja.

2. Kako se mijenja usmjerenje igle kompasa kad ga približite ili udaljite od magneta?

Magnetska igla kompasa pokazuje izraženije promjene smjera u neposrednoj blizini magneta. Kada se kompas udalji od magneta, iznos njegovog magnetskog polja opada, samim tim je utjecaj na magnetsku iglu kompasa slabiji.

3. Postoje li točke u kojima igla kompasa naglo mijenja smjer?

Da, postoje točke u kojima igla kompasa naglo mijenja smjer, one se nalaze u neposrednoj blizini polova magneta.

4. Na temelju strelica koje ste nacrtali, kako biste opisali oblik magnetskog polja oko magneta?

Na temelju nacrtanih strelica, silnice magnetskog polja oko magneta možemo opisati kao zatvorene petlje koje pokazuju magnetsko polje u različitim točkama oko magneta. Strelice pokazuju da silnice magnetskog polja izlaze iz jednog pola magneta („N“) i ulaze u drugi („S“), a smjer strelica se mijenja ovisno o udaljenosti i poziciji u odnosu na magnet.

#### **Zaključak**

Pokus je pokazao kako je uz pomoć datog pribora bilo moguće vizualizirati izgled magnetskog polja, uz pomoć kompasa i olovke kojom smo ocrtavali isto. Magnetsko polje ima specifičan oblik zatvorenih petlji. Iгла kompasa se usmjeravala prema smjeru silnica magnetskog polja. Na magnetu, gdje se magnetsko polje intenzivno mijenja (polovi), igla naglo mijenja smjer.

### Radni listić 5

Smjer struje (prema Slici 20)	Pozicija kompasa (magnetska igla paralelna s vodičem)	Opažanje
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	<i>u smjeru kazaljke na satu</i>
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	<i>suprotno od smjera kazaljke na satu</i>
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	<i>suprotno od smjera kazaljke na satu</i>
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	<i>u smjeru kazaljke na satu</i>
Smjer struje (prema Slici 20)	Pozicija kompasa (magnetska igla okomita na vodič)	Opažanje(rotacija magnetske igle)
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	<i>ne rotira se</i>
<i>u smjeru kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	<i>ne rotira se</i>
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>iznad žice</i>	<i>ne rotira se</i>
<i>u smjeru suprotnom od kazaljke na satu</i>	<i>ispod žice</i>	<i>ne rotira se</i>

1. Što se događa sa magnetskom iglom (paralelno postavljenom sa živom) kada kratko spojimo žicu koja se nalazi iznad nje?

*Kada kratko spojimo žicu, magnetska igla se zarotira.*

2. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljena (ispod i paralelno u odnosu na vodič) kao na Slici 20?

*Sjeverni kraj magnetske igle se zarotira suprotno od smjera kazaljke na satu.*

3. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljena (iznad i paralelno u odnosu na vodič) kao na Slici 20?

Sjeverni kraj igle kompasa se zarotira u smjeru kazaljke na satu.

4. Vraća li se igla kompasa u svoj prvobitni položaj kada se isključi struja?

Da, igla kompasa se vraća u svoj prvobitni položaj kada se isključi struja.

5. U kojem smjeru se zarotira sjeverni kraj igle kompasa postavljene okomito u odnosu na vodič?

Sjeverni kraj igle kompasa se ne rotira kada je magnetska igla postavljena okomito u odnosu na vodič kojim teče struja.

### **Zaključak**

Struja koja teče vodičem stvara magnetsko polje, koje utječe na magnetsku iglu kompasa. Kada je magnetska igla postavljena paralelno s vodičem igla se zarotira, smjer te rotacije ovisi o smjeru struje u vodiču. Ako je magnetska igla postavljena okomito u odnosu na vodič, ona se, nakon uključivanja struje ne rotira, što sugerira da u toj orijentaciji magnetske igle, magnetsko polje ne utječe na smjer igle.



## Radni listić 6

	Elektro- magnet	Baterija	Broj namotaja žice	Gustoća namotaja	Opažanja
Prvi dio pokusa	1	AA	5	<i>jednaka</i>	<i>Magnetska igla kompasa se zarotirala prema elektromagnetu s više namotaja.</i>
	2	AA	15	<i>jednaka</i>	
Drugi dio pokusa	1	AA	10	<i>jednaka</i>	<i>Magnetska igla se zarotirala prema elektromagnetu koji je imao bateriju veće elektromotorne sile</i>
	2	3R12	10	<i>jednaka</i>	
Treći dio pokusa	1	AA	10	<i>gušće</i>	<i>Magnetska igla kompasa se zarotirala prema elektromagnetu s gušće namotanim zavojima</i>
	2	AA	10	<i>rjeđe</i>	

1. Kako se usmjerio kompas kada ste ga postavili između dva elektromagneta s različitim brojem namotaja?

*Igla kompasa se usmjerila prema elektromagnetu s više namotaja žice.*

2. Kako se usmjerio kompas kada ste ga postavili između dva elektromagneta s različitom gustoćom namotaja na čavlu?

*Kompas se usmjerio prema elektromagnetu s gušćom raspodjelom namotaja žice.*

3. Što se dogodilo kada ste upotrijebili baterije različitih elektromotornih sila?

*Kada se koriste baterije različitih elektromotornih sila, magnetska igla kompasa se zarotira prema elektromagnetu s baterijom veće elektromotorne sile.*

### **Zaključak**

*Pokus je pokazao da jakost magnetskog polja ovisi o nekoliko čimbenika, kao što su broj i gustoća namotaja žice te snaga elektromotorne sile. Kompase s uvijek usmjeravao prema elektromagnetu s magnetskim poljem većeg iznosa, bilo to zbog većeg broja namotaja, zbog gustoće namotanih zavoja žice ili zbog baterije jače elektromotorne sile.*

## Radni listić 7

Vrsta cijevi	Tijelo	Opažanje
van cijevi	drveno tijelo	malo drveno tijelo (0.48 s vrijeme pada) i magnet (0.55 s vrijeme pada) su u vrlo slično vrijeme pali
van cijevi	magnet	
plastična	drveno tijelo	malo drveno tijelo (0.51 s vrijeme pada) i magnet (0.57 s vrijeme pada) su u vrlo slično vrijeme pali
plastična	magnet	
bakrena	drveno tijelo	malo drveno tijelo je jednako kao i kroz plastičnu cijev palo van (0.51 s), magnet je ovaj put bio dosta sporiji (3.8s)
bakrena	magnet	

1. Primjetite li razlike u vremenu padanja magneta kroz obje cijevi?

Da, magnet je kroz plastičnu cijev pao za vrlo slično vrijeme kao i van nje, dok je kroz bakrenu cijev mnogo duže padao.

2. Primijete li razlike u vremenu padanja drvenog tijela kroz obje cijevi?

Razlike nisu primjetne, drveno tijelo je padalo približno jednako dugo, van cijevi, kroz plastičnu cijev i kroz bakrenu cijev.

### Zaključak

Ovaj pokus pokazuje učinak vrtložnih struja na gibanje magneta kroz cijevi izrađenih od metala koji su dobri vodiči struje (cijevi od bakra). Drveno tijelo nije podložno magnetskim silama i pada jednako dugo kroz obje cijevi i van nje. Magnet se ponašao drugačije, jer plastični materijal ne stvara magnetsko polje te pada jednako kao i van cijevi, ali kod bakrene cijevi dolazi do međudjelovanja magneta i magnetskog polja, koje je suprotno orijentirano kretanju magneta. Zbog te dodatne sile koja djeluje u suprotnom smjeru od smjera gibanja magneta, magnet sporije pada kroz bakrenu cijev.

## 10. LITERATURA

1. Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje, *Struna – Hrvatski strukovni naziv*.  
<http://struna.ihjj.hr/browse/?pid=14>. Preuzeto: 24. kolovoza 2024.
2. Cindro, N. (1988), *Fizika 2: Elektricitet i magnetizam*. Školska knjiga.
3. Sciansation, *Ciênciação*, <https://www.sciansation.org>. Preuzeto: 30. kolovoza 2024.
4. Ministarstvo znanosti i obrazovanja, (2019). *Kurikulum nastavnog predmeta fizika za osnovne škole i gimnazije* (Narodne novine br. 210). [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_01\\_10\\_210.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html)
5. Blundell, S. J. (2012). *Magnetism: A very short introduction*. Oxford University Press.
6. Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to electrodynamics*. Cambridge University Press.
7. Pople, S. (2001). *Complete physics*. Oxford University Press.
8. Carnet, E-škole. *Magnetsko polje*, [https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/452e1469-e362-4711-abc6f535c3b5254/html/1745\\_Magnetsko\\_polje.html](https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/452e1469-e362-4711-abc6f535c3b5254/html/1745_Magnetsko_polje.html). Preuzeto: 8. kolovoza 2024.
9. Skomski, R. (2008). *Simple models of magnetism*. Oxford University Press.
10. <https://ece.northeastern.edu/fac-ece/nian/mom/work.html>, Slika preuzeta: 04. kolovoz 2023.
11. <https://www.mriquestions.com/what-is-susceptibility-chi.html>, Slika preuzeta: 09. rujan 2024
12. <https://www.researchgate.net>, Slika preuzeta: 20. kolovoz 2023
13. <https://gradivo.hr/pages/elektromagnetska-indukcija>, Slika preuzeta: 09. rujan 2024
14. <https://www.learncbse.in/magnetism-matter-cbse-notes-class-12-physics>, Slika preuzeta: 03. rujan 2024
15. <https://www.britannica.com/science/polarity-reversal>, Slika preuzeta: 07. srpanj. 2024
16. <https://element.hr>, Slika preuzeta: 26. kolovoz 2024
17. <https://www.shutterstock.com/image-vector/oersteds-law-oersted-experiment-electromagnetic-battery-2400049733>, Slika preuzeta: 03. rujan 2024
18. <https://www.gme-magnet.com/info/how-to-choose-the-electromagnet-and-magnet-92067795.html>, Slika preuzeta: 10. srpanj 2024

## 11. ŽIVOTOPIS

Magdalena Topić rođena je 28. lipnja 2001. godine u Žepču, u Bosni i Hercegovini. Osnovno obrazovanje započela je 2007. godine u Osnovnoj školi "Žepče", a paralelno je pohađala i Osnovnu glazbenu školu „Katarina Kosača Kotromanić“. 2016. godine upisala je u SMŠ „Žepče“ Srednju medicinsku školu, gdje uspješno završava i svoje srednjoškolsko obrazovanje. Svoje daljnje školovanje nastavila je 2020. godine upisom na Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, na Odjel za fiziku, gdje završava prijediplomski studij Fizike.