Koncept magnetskog polja u nastavi fizike u srednjoj školi

Vnučec, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:528253

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Dora Vnučec

KONCEPT MAGNETSKOG POLJA U NASTAVI FIZIKE U SREDNJOJ ŠKOLI

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
FIZIKA I INFORMATIKA
SMJER: NASTAVNIČKI

Dora Vnučec

Diplomski rad

Koncept magnetskog polja u nastavi fizike u srednjoj školi

Voditelj diplomskog rada: doc. dr. sc. Željko Skoko

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2020.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Željku Skoki na neizmjernom strpljenju i velikoj podršci tijekom pisanja diplomskog rada.

Veliko hvala doktoru Baji što je zajedno sa mnom išao glavom kroz zid kada je to bilo potrebno.

Zahvaljujem se Leu na svim prospavanim noćima.

Vjex, hvala ti na ukazanom nepovjerenju glede završetka studija.

Sažetak

Magnetizam je jedan od najbitnijih koncepata u fizici. Vrlo je bitno da učenici u potpunosti shvate koncept magnetizma i magnetskog polja. U ovome diplomskom radu proučavat će se načini poučavanja koncepata magnetskog polja pomoću silnica. Izradit će se i metodički obraditi pokusi u kojima će se koristiti ferofluid, željezna piljevina i računalo. Koristeći ferofluid, pjenaste ploče, staklene plohe i staklenu bocu izradit će se interaktivno povećalo i detektor magnetskog polja, dok će za pokuse sa željeznom piljevinom biti potrebna bakrena žica, ploče pleksiglasa, odnosno mineralno ulje, staklenka i plastična boca. Svi navedeni materijali su širokodostupni. Od alata potrebna će biti bušilica, skalpel, pištolj za vruće ljepilo i lemilica. Ostalim dijelovima postava pokusa, poput magnetskih iglica, napajanja, baterija, zavojnica, žica i krokodil štipaljkama, je opremljena većina kabineta fizike.

Ključne riječi: magnetizam, pokusi iz magnetizma za srednju školu, ferofluid, željezna piljevina

The concept of magnetic field in the high school education

Abstract

Magnetism is one of the most important concepts in physics. It is very important for students to completely understand the concept of magnetism and magnetic fields. Ways of studying magnetism with magnetic field lines will be studied in this thesis. By using ferrofluid, iron fillings and computer resources, a set of experiments will be constructed and methodically prepared for use in class. Interactive magnetic field magnifier and the detector will be constructed by using ferrofluid, foam boards, glass sheets and glass bottle. Copper wire, plexiglass sheets, mineral oil, mason jar and plastic bottle will be used to construct apparatus for experiments with iron fillings. All of the above mentioned materials are easily obtained at hardware stores. Required tools are hand drill, box cutter, hot glue gun and soldering iron. Rest of the required equipment, like magnetic needles, power supply, batteries, inductors, wires and alligator clips, are commonly found in every physics lab.

Keywords: magnetism, experiments in magnetism in highschool education, ferrofluid, iron filings

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Magnetizam 2

1.1. Djelovanje sile na nabijenu česticu 2

1.2. Magnetostatika 3

1.2.1. Magnetsko polje ravnog vodiča 3

1.3. Magnetizacija i magnetska svojstva materijala 4

3. Pokusi u nastavi fizike 6

3.1. Ferofluid 6

3.1.1. Pokus: Povećalo za magnetsko polje 7

3.1.2. Pokus: Detektor magnetskog polja 13

3.2. Željezna piljevina i magnetske iglice 15

3.2.1. Stalak za pokuse 15

3.2.2. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (1) 16

3.2.3. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (2) 19

3.2.4. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja magneta (1) 21

3.2.5. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja magneta (2) 22

3.2.6. Pokus: Vizualizacija vektora magnetskog polja ravnog vodiča 23

3.2.7. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja ravnog vodiča 25

3.2.8. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (3) 26

3.3. Pokus: Folija za detekciju magnetskog polja 27

4. Uporaba računala u nastavi 29

4.1. Geogebra 29

4.1.1. Pokus: Magnetsko polje ravnog vodiča 29

4.2. Physlet Physics 3E 30

4.2.1. Pokus: Magneti i kompas 30

4.2.2. Pokus: Magnetsko polje Zemlje 32

5. Nastavna priprema 34
6. Zaključak 42
7. Literatura 43

1. Uvod

U učionicama danas prevladava tradicionalna predavačko – prikazivačka nastava. Između učenika i nastavnika u takvom obliku nastave ne postoji komunikacija, već samo prijenos znanja sa nastavnika na učenika.

U školstvu se često spominje paradigma *nastava usmjerena na učenika* gdje u procesu učenja dominantnu ulogu ima učenik. Učenik ima aktivnu ulogu u procesu učenja i preuzima odgovornost za svoj napredak i uspjeh. Nastavnik nije predavač, nastavnik je mentor, suradnik, organizator. Nastavu usmjerenu na učenike možemo postići s istraživački usmjerenom nastavom.

Većina današnjih škola nije adekvatno opremljena kako bi se nastavnicima omogućilo izvođenje istraživački usmjerene nastave u fizici. Također, velik broj učenika u razrednim odjelima onemogućuje neposrednu komunikaciju sa svim učenicima. Ako usporedimo predavačko – prikazivačku nastavu sa istraživački usmjerenom nastavom, istraživački – usmjerena nastava zahtjeva veći angažman i vrijeme za pripremu od strane nastavnika što može biti obeshrabrujuće, ali je nagrađeno s boljim konceptualnim razumijevanjem gradiva i boljim rezultatima učenika. U istraživački usmjerenoj nastavi najčešće se koristi heuristička metoda pomoću koje nastavnik usmjerava učenike na samostalno pronalaženje i otkrivanje novih spoznaja. Navedenu heurističku metodu možemo nadopuniti i projektnom nastavom gdje učenikov samostalni i stvaralački rad dolazi do izražaja.

Fizika je znanost koja učenicima daje priliku da samostalno istražuju svijet oko sebe, a nastavnik fizike je onaj koji im to može i mora omogućiti. U ovom radu biti će obrađeni pokusi iz magnetizma koje nastavnici mogu izvesti na nastavnom satu, ali i isto tako sve pokuse učenici mogu sami izvoditi uz vodstvo nastavnika i na taj način sami istraživati pojave vezane uz magnetizam. Također, za većinu pokusa biti će opisan postupak izrade postava pokusa tako da nastavnici, a i učenici srednje škole mogu sami izraditi postav pokusa.

2. Magnetizam

Fenomen magnetskog djelovanja već je u antičko doba izazivao veliko zanimanje. Prvih dvije tisuće godina se smatralo da je magnetsko djelovanje dio duhovnog svijeta zato što magneti djeluju na željezne predmete bez izravnog dodira. Prvu primjenu magneti su doživjeli u obliku kompasa.

Za magnetizam, kakav znamo danas, zaslužan je danski fizičak i kemičar Hans Christian Oersted i njegovo znanstveno otkriće koje je postignuto sasvim slučajno. Dok je tijekom predavanja na Sveučilištu u Kopenhagenu izvodio pokus s električnom strujom, blizu žice se slučajno nalazio kompas. Kada je kroz žicu pustio struju, uočio je da se igla kompasa pomaknula. Ubrzo nakon toga objavio je to otkriće u publikaciji upozoravajući na povezanost elektriciteta i magnetizma. Veliko zanimanje znanstvenika potaknulo je niz daljnih istraživanja elektromagnetskih pojava.

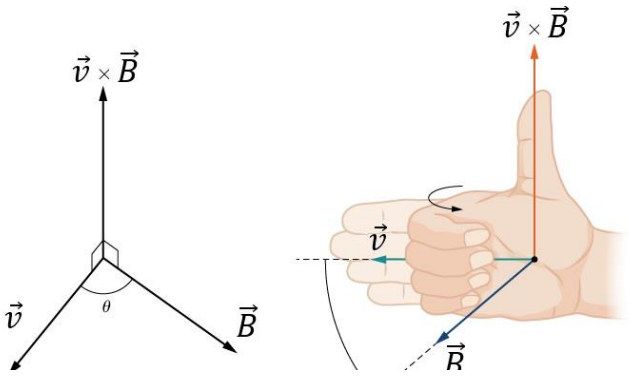
Francuski fizičar, matematičar, kemičar i filozof Andre Marie Ampere Oerstedov je rezultat izrazio matematički i otkrio pravilo desne ruke, što je prikazano u nastavku. Objasnio je magnetizam kao posljedicu unutarnjih struja u građi tvari te je u čast njemu jedinica jakosti struje nazvana amper.

Lorentzovu silu, kojom je opisano djelovanje električnog i magnetskog polja na elektron u gibanju istraživao je nizozemski matematičar i teorijski fizičar Hendrik Antoon Lorentz koji je postigao niz značajnih otkrića u području elektromagnetizma.

1.1. Djelovanje sile na nabijenu česticu

Sila koja djeluje na naboj Q koji se giba brzinom $\vec{v}$ u magnetskom polju $\vec{B}$ nazivamo Lorentzova sila i dana je izrazom

$$\vec{F} = Q\,(\vec{v}\,x\,\vec{B})$$



Slika 1 Pravilo desne ruke

Prilikom određivanja smjera sile koristimo pravilo desne ruke. Pravilo desne ruke je način određivanja smjera vektorskog produkta. Prste desne ruke postavimo u smjeru vektora brzine $\vec{v}$ i zakrenemo ih prema vektoru magnetskog polja $\vec{B}$. Ispruženi palac će pokazivati smjer vektora $\vec{F}$.

Ukoliko se naboj Q nalazi u prisutnosti električnog polja $\vec{E}$ i magnetskog polja $\vec{B}$ ukupna sila na naboj tada će iznositi

$$\vec{F} = Q\,[\vec{E} + (\vec{v}\,x\,\vec{B})]$$

Magnetska sila djeluje okomito na smjer magnetskog polja, djeluje samo na naboj u gibanju i ne vrši rad.

1.2. Magnetostatika

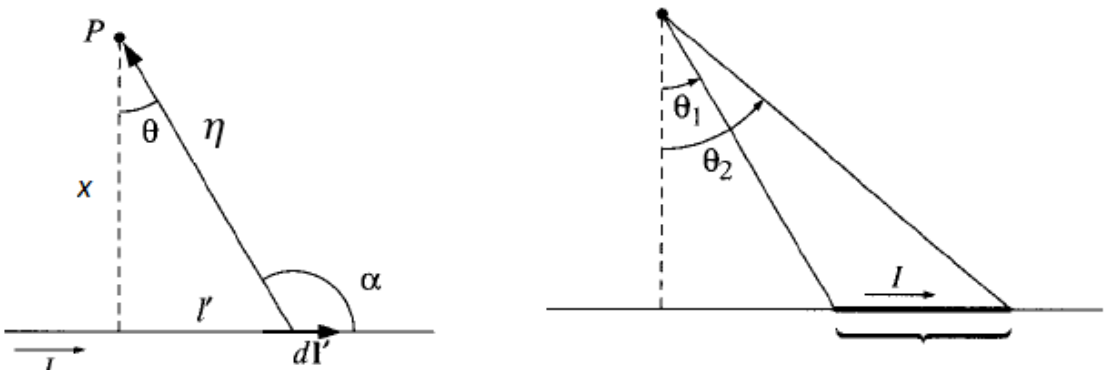
Stalni tok struje uzrokuje stalno magnetsko polje. Ono je dano Biot – Savarovim zakonom

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{\vec{I}\,\mathrm{x}\,\hat{\eta}}{\eta^2}dl' = \frac{\mu_0}{4\pi}\,I\int \frac{d\vec{l}'\,\mathrm{x}\,\hat{\eta}}{\eta^2}$$

gdje je $d\vec{l}'$ element duljine duž žice, a $\vec{\eta}$ vektor od izvora magnetskog polja do točke promatranja (Slika 2). Konstanta μ_0 je permeabilnost vakuuma.

1.2.1. Magnetsko polje ravnog vodiča

Pomoću Biot – Savarovog zakona možemo izvesti magnetsko polje ravnog vodiča.



Slika 2 Određivanje magnetskog polja ravnog vodiča gdje je P točka u kojoj promatramo jakost magnetskog polja

Raspisivanjem Biot – Savarovog zakona za mali dio žice dobivamo

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\frac{cos^2\theta}{x^2}\right) \left(\frac{x}{cos^2\theta}\right) cos\theta d\theta$$

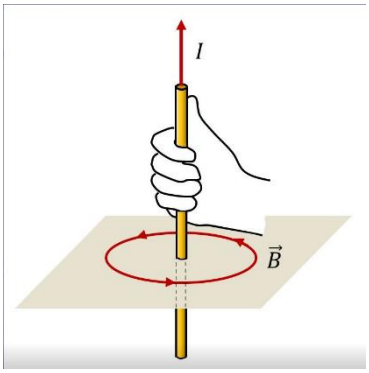
$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} \int_{\theta_1}^{\theta_2} cos\theta d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} (\sin\theta_1 - \sin\theta_2)$$

Odnosno u slučaju beskonačno dugačkog vodiča, $\theta_1 = -\frac{\pi}{2}$ $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$, dobivamo

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x}$$

Smjer magnetskog polja možemo odrediti pravilom desne ruke. Palac pokazuje smjer struje, a savijeni prsti smjer silnica magnetskog polja.



Slika 3 Pravilo desne ruke kod određivanja smjera magnetskog polja ravnog vodiča [27]

1.3. Magnetizacija i magnetska svojstva materijala

U prisutnosti magnetskog polja materijal će postati magnetiziran. Magnetizacijom $\vec{M}$ opisuje se utjecaj sredstva na magnetsko polje (analogno kao što u elektrostatici postoji polarizacija $\vec{P}$).

Povezanost između jakosti magnetskog polja $\vec{B}$, magnetizacije $\vec{M}$ i jakosti magnetskog polja $\overrightarrow{H}$ dana je izrazom

$$\vec{B} = \mu_0\vec{M} + \mu_0\vec{H}$$

gdje su $\vec{M}$ i $\overrightarrow{H}$ povezani izrazom

$$\vec{M} = \varkappa_m \vec{H}$$

$\varkappa_m$ je magnetska susceptibilnost materijala. Uvrštavanjem izraza za magnetizaciju dobivamo

$$B = \mu_0(1 + \varkappa_m)\,\vec{H}$$

odnosno

$$B = \mu_m\,\vec{H}$$

gdje je μ_m magnetska permeabilnost tvari.

S obzirom na magnetska svojstva materijale možemo podijeliti na:

1) ako je $\varkappa_m < 0$ materijale nazivamo dijamagnetici

2) $\varkappa_m > 0$ materijale nazivamo paramagnetici

3) $\varkappa_m >> 0$ materijale nazivamo feromagnetici

U dijamagnetskim i paramagnetskim materijalima magnetizacija se pojavljuje samo kada je materijal izložen magnetskom polju, dok kod feromagnetskih materijala postoje izuzeci koji pokazuju pojavu magnetizacije bez prisustva magnetskog polja.

3. Pokusi u nastavi fizike

Tijekom sata u svrhu uspješnijeg savladavanja gradiva cilj je učenike što više uključiti u nastavu. Uz zadavanje preciznih uputa učenicima omogućujemo samostalno istraživanje pojava. U tu svrhu u nastavku rada biti će obrađeni pokusi sa ferofluidom te pokusi sa magnetskim iglicama i željeznom piljevinom. Postave navedenih pokusa učenici mogu samostalno izraditi čime su pogodni za projektnu nastavu. Za svaki od pokusa mogu se izraditi upute ili listić koji će učenike navoditi kako istražiti pojavu.

3.1. Ferofluid

Ferofluidi su koloidne suspenzije magnetičnih čestica u kapljevitom mediju koje imaju sposobnost magnetizacije u vanjskom magnetskom polju. Magnetične čestice su reda veličine od 2 – 10 nanometara. S obzirom da ne zadržavaju magnetizaciju nakon prestanka djelovanja vanjskog magnetskog polja njihovo ponašanje je ustvari superparamagnetično. Reagirat će na vanjsko magnetsko polje jednako kao feromagnetski i ferimagnetski čvrsti materijali, ali procesi magnetizacije i demagnetizacije odvijaju se neusporedivo brže zbog magnetskih domena ferofluida koje su veličine kao same čestice ferofluida[6]. Zbog potrebe kontroliranja fluida u svemiru, 1960. Znanstvenici NASE (The National Aeronautics and Space Administration) izumili su ferofluid koji i danas ima vrlo široku primjenu u različitim industrijskim granama.

NAPOMENA:

Ferofluidi su vrlo nezgodni za rad zbog trajnog ostavljanja mrlja na tekstilu. Ukoliko dođu u dodir sa kožom mogu izazvati iritaciju i bit će potrebno više ispiranja kože kako bi ga se uklonilo. Rukovanje treba biti oprezno uz korištenje zaštitnih rukavica i naočala.

U pokusima s ferofluidom, s obzirom da se ferofluid lako prianja za staklo ne preporuča se ostavljanje magneta u istom položaju na staklu dulje vrijeme kako se staklo ne bi nepovratno uprljalo čime bi se smanjila iskoristivost postava pokusa.

3.1.1. Pokus: Povećalo za magnetsko polje

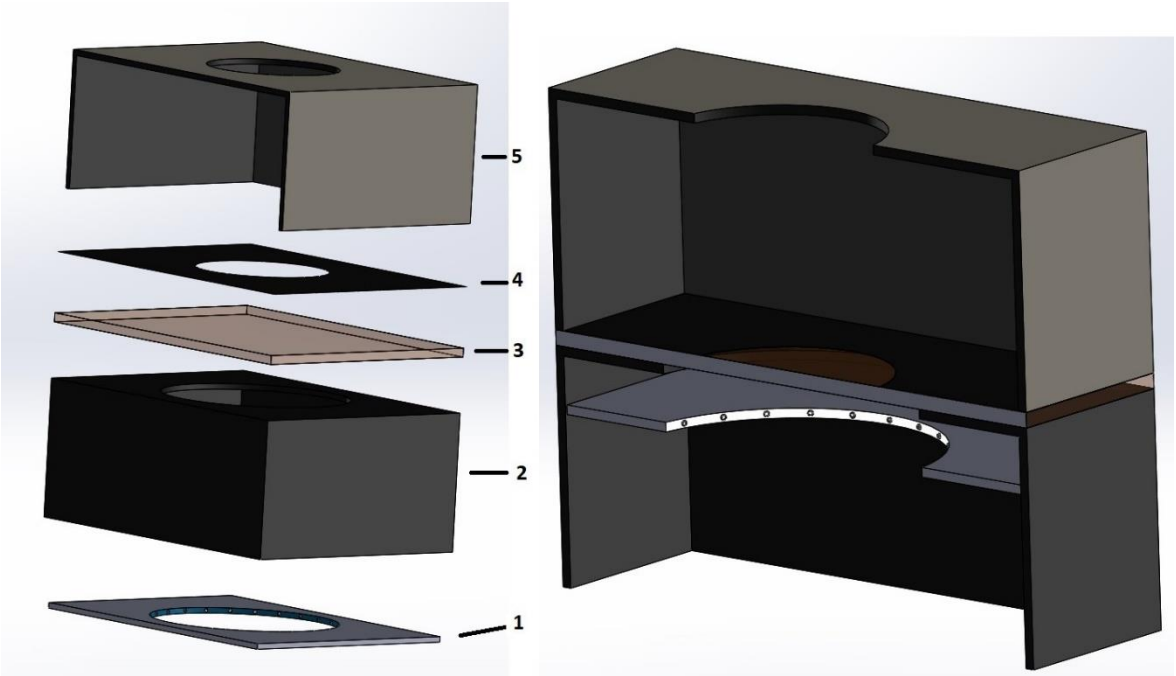
Pribor:

Ferofluid, WD 40, pipeta, zaštitne rukavice, zaštitne naočale, plastična posuda (čaša), drveni štapić, pjenaste ploče crne boje (ili čvrsti karton i crni sprej), ljepljiva traka, skalpel ili škare, staklo A4 veličine (2 komada), samoljepljiva LED traka, adapter za LED traku (12V) ili napajanje ili baterij, lemilica (po potrebi), pištolj za vruće ljepilo (po potrebi), žica (po potrebi), krokodil štipaljke (po potrebi)

Magneti, zavojnica, napajanje

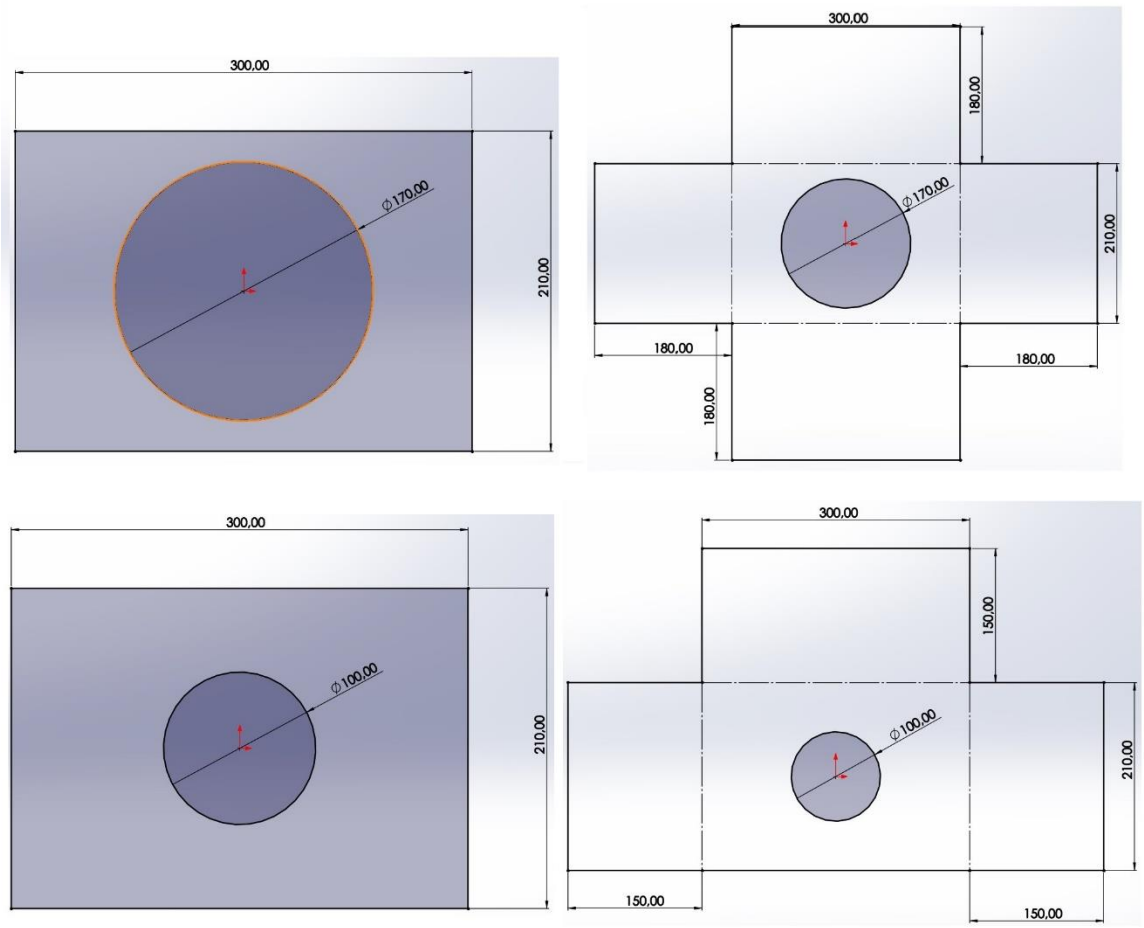
Priprema postava:

Veličina postava se može prilagoditi dostupnom materijalu. Zbog bolje iskoristivosti i vidljivosti preporuča se izrada većeg postava.



Slika 4 Redoslijed sklapanja povećala (lijevo), poprečni presjek povećala (desno)

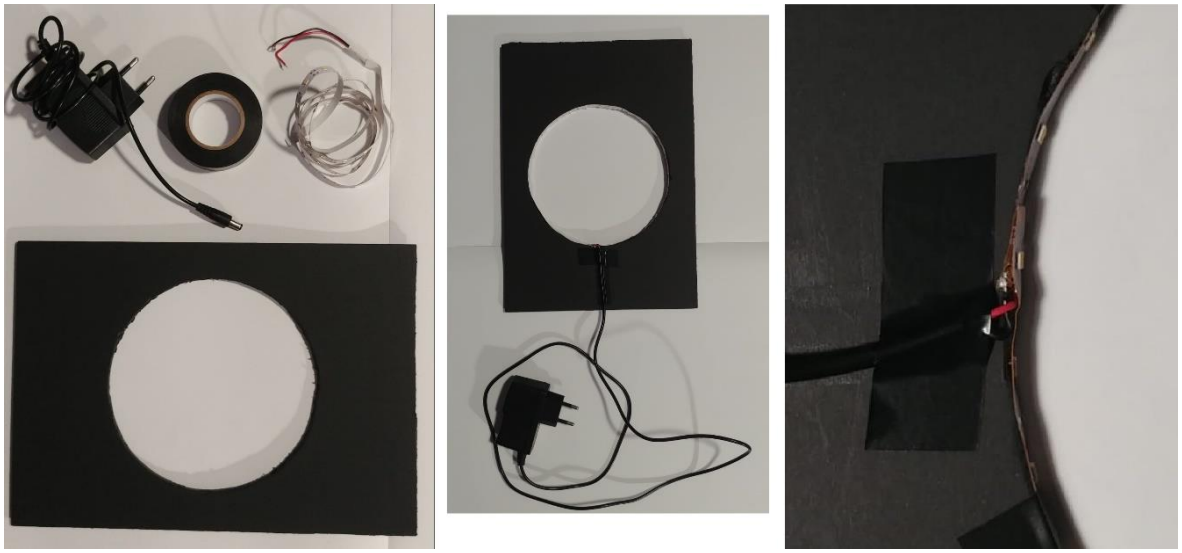
Potrebno je nacrtati montažni crtež dijelova 1, 2, 4 i 5 na pjenaste ploče i izrezati navedene dijelove gdje se puna crta reže skalpelom (Slika 5). U slučaju da se dijelovi izrađuju od kartona potrebno ih je prije obojati crnim sprejom kako bi vidljivost dobivenih slika u pokusu bila što bolja.



Slika 5 Montažni crtež za dio 1 (gore lijevo), montažni crtež za dio 2 (gore desno), montažni crtež za dio 4 (dolje lijevo), montažni crtež za dio 5 (dolje desno), mjere na slikama su u milimetrima

Dio 1:

Potrebno je odrediti duljinu LED trake koja će se postaviti na unutrašnjost izrezanog kruga iz pjenaste ploče. Nakon određivanja duljine LED trake, za promjer kruga od 17 cm potrebno je 30 led žaruljica u LED traci, traku je potrebno skratiti. Prilikom skraćivanja LED trake oprezno prerezati traku na mjestu koje je predviđeno za rezanje kako bi dobiveni dio trake bio u potpunosti ispravan. Žice adaptera pomoću lemilice zalemiti na predviđeno mjesto na LED traci. Umjesto adaptera mogu se koristiti napajanje ili baterije. U tome slučaju mogu se koristiti žice s krokodil štipaljkama na spojevima između trake i napajanja ili baterije. Na unutarnji rub pjenaste ploče u koju je urezan krug zalijepiti LED traku i dodatno je učvrstiti ljepljivom trakom. Dovoljno je staviti samo jedan red LED trake. Žicu adaptera i spoj žice i LED trake potrebno je dodatno učvrstiti ljepljivom trakom (Slika 6).



Slika 6 Potreban pribor za sklapanje dijela 1 (lijevo), konačan izgled dijela 1 (sredina), spoj adaptera i LED trake (desno)

Dio 2 i 5:

Saviti izrezane dijelove pod kutom od 90 stupnjeva na mjestima gdje se nalazi isprekidana crta i učvrstiti ih sa ljepljivom trakom. U dijelu dva probušiti rupu ili zarezati pjenastu ploču na mjestu gdje će ići žica od adaptera.

Dio 3:

U plastičnu čašu pomoću pipete stavi se jako malo ferofluida (jedna do dvije kapi). Dodamo WD 40 i promiješamo sa drvenim štapićem. Količinu WD 40 odredimo odokativno, dva do tri puta špricnemo. Pripremimo jedno staklo i na njega, u sredinu polako, kako bi izbjegli mjehuriće zraka u ferofluidu, pipetom stavimo oko petnaest kapi mješavine. Drugo staklo polako spuštamo prema prvom staklu i ferofluidu, kada drugo staklo dotakne ferofluid dodatno usporimo sa spuštanjem stakla. Ukoliko prebrzo spustimo drugo staklo na prvo ferofluid se može neravnomjerno rasporediti i mogu se pojaviti mjehurići zraka. Nakon što smo drugo staklo spustili ostavimo desetak minuta da se ferofluid sam proširi. Ne stiskati gornje staklo na donje kako bi ubrzali proces širenja ferofluida jer navedeni postupak može dovesti do velike neravnomjerne raspodjele mješavine. Prilikom sastavljanja dijela 3 javiti će se nesavršenosti poput mjehurića zraka, prašine između dva stakla, neravnomjerne raspodjele mješavine. Navedeno je potrebno što više minimizirati pažljivim postupanjem prilikom sklapanja. Mjehurići zraka će se pojaviti na slici ali neće utjecati na rezultat pokusa.

Također, kako vrijeme prolazi ferofluid će progurati mjehuriće prema rubovima sve dok potpuno ne nestanu (Slika 7).

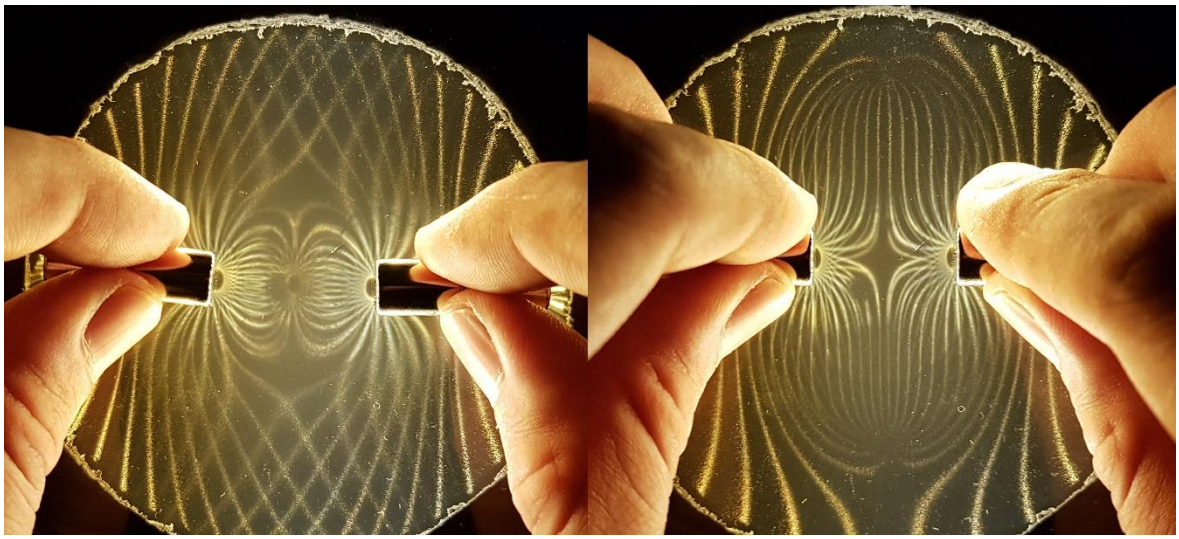


Slika 7 Pribor potreban za izradu dijela 3 (lijevo), konačan izgled stakla nakon dvadeset i četiri sata (desno)

Sastavljanje postava pokusa:

Umetnuti dio 1 u dio 2, otprilike 2.5 centimetra od dna dijela 1 te po potrebi učvrstiti vrućim ljepilom. Na tako dobiven donji dio složiti redom preostale dijelove. Za bolju vidljivost preporuča se postav staviti na tamnu podlogu, odnosno iz pjenaste ploče može se izrezati još jedan pravokutnik koji će služiti kao podloga.

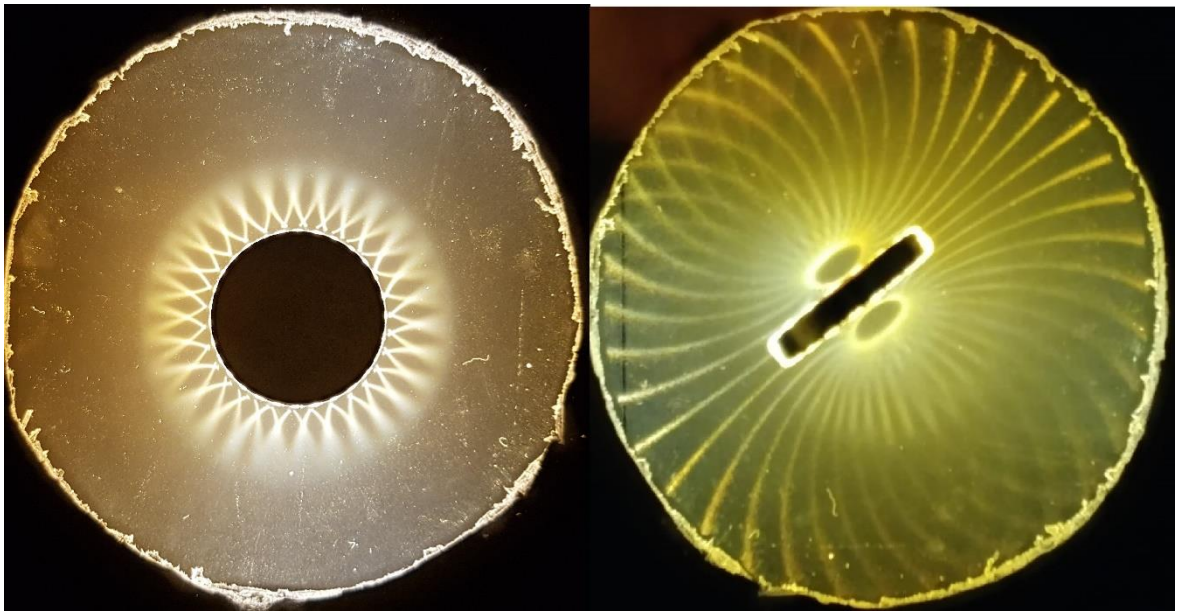
Postupak izvođenja:



Slika 8 Odbijanje magneta (lijevo), privlačenje magneta (desno)

LED traka se uključi i na vidljivi dio stakla pozicioniraju se magneti. Potrebno je nekoliko sekundi kako bi nastala slika. Slika koja nastaje najbolje će se vidjeti u mraku. Kao sjenica služi dio 5 koji ima samo četiri stranice kako bi se nastavniku i učenicima omogućila jednostavnija manipulacija sa magnetom i zavojnicom iznad stakla.

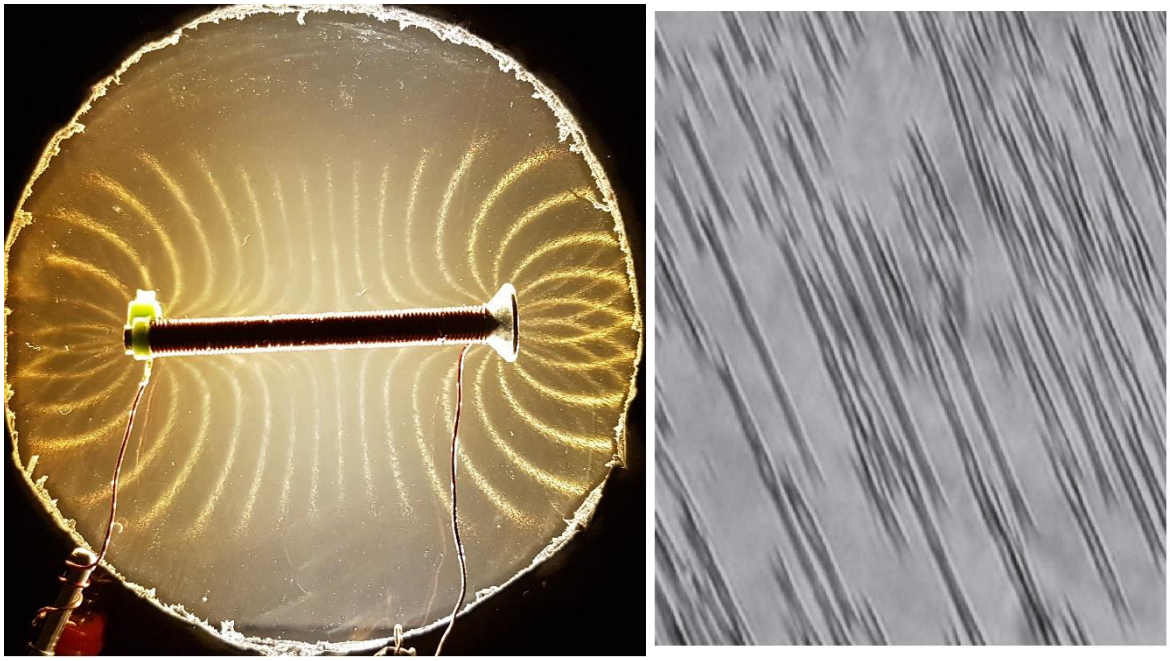
Zaključak:



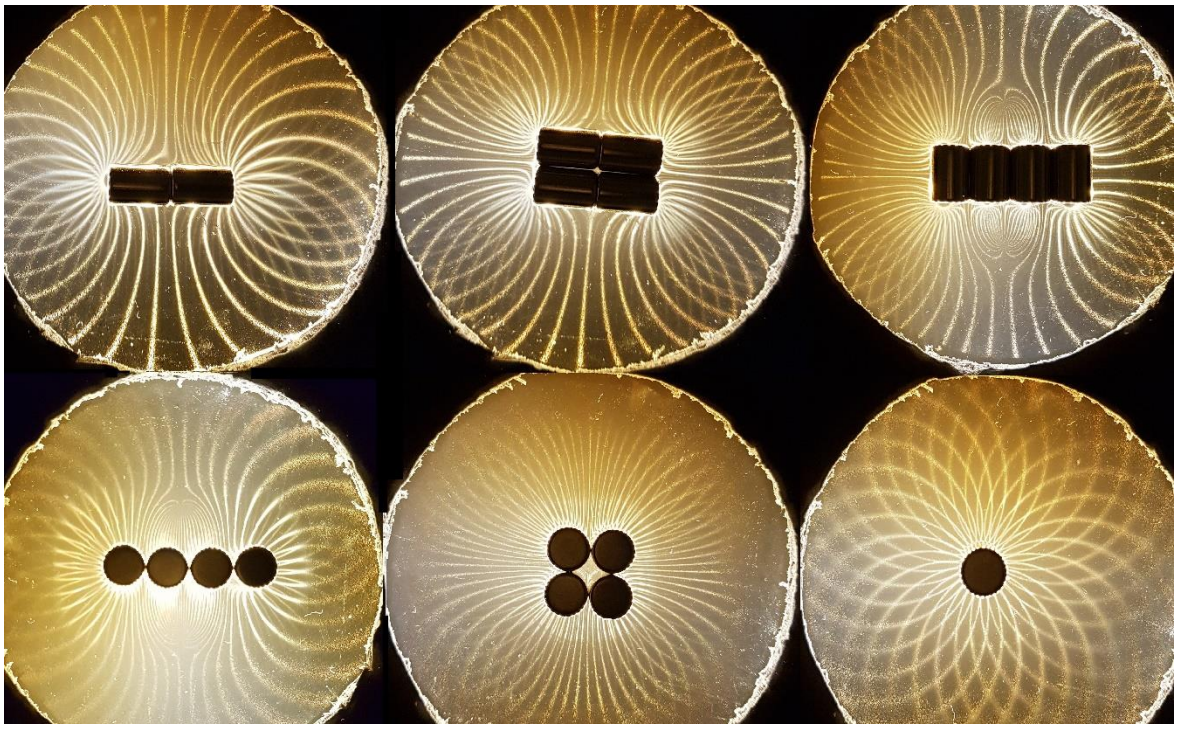
Slika 9 Dobivena slika od istog okruglog magneta u dva različita položaja, os polova magneta paralelna je s osi kamere (lijevo), os polova magneta okomita je na os kamere (desno)

U prisustvu magnetskog polja ferofluid će formirati lance duž smjera magnetskog polja (Slika *10*). Prolaskom svjetlosti kroz staklo i tako formirane lance ferofluida nastaje slika. Slika koja nastaje se mijenja kako se mijenja položaj magneta čiji učinak magnetskog polja promatramo. Zbog jednostavnosti korištenja postava učenici sami mogu mijenjati položaje magneta i promatrati dobivene uzorke.

Postav za pokus najbolje je koristiti sa jačim magnetima. Ferofluid nije dovoljno osjetljiv na slabija magnetska polja.



Slika 10 Zavojnica (lijevo), mikroskopski prikaz ferofluida pod utjecajem magnetskog polja [1] (desno)



Slika 11 različiti uzorci dobiveni različitim položajima magneta koji su u obliku valjka

3.1.2. Pokus: Detektor magnetskog polja

Pribor:

Ferofluid, sol, voda, pipeta, prozirna čaša, boca sa čepom (plosnata ili četvrtastog oblika), lijevak, magneti, zavojnica, napajanje

Priprema postava:

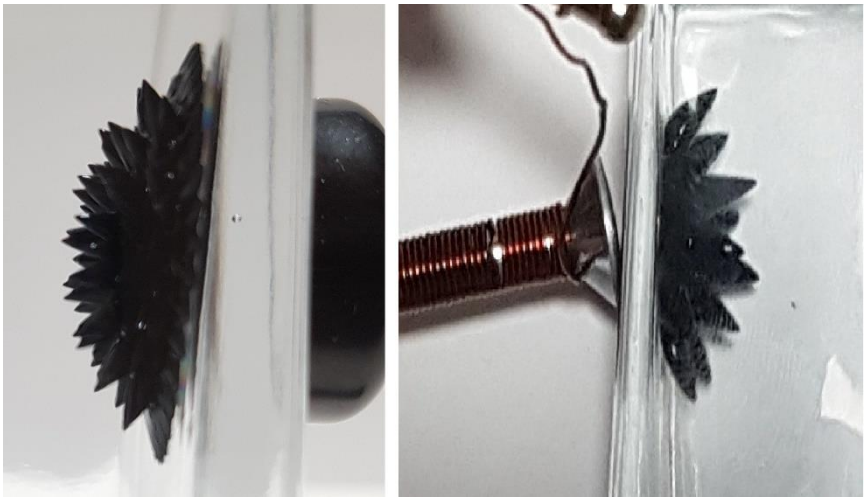
U plastičnu čašu ulijemo vodu i otapamo sol sve dok ne dobimo zasićenu otopinu. Zasićenu otopinu ćemo prepoznati na način kada se sol više neće otapati u vodi nego će se početi taložiti na dnu čaše. Dobivenom slanom vodom pomoću lijevka napunimo bocu tako da voda dođe oko 5 mm od vrha boce. Slana voda neće otopiti ferofluid. Ferofluid kap po kap pomoću pipete stavljamo u bocu. Ferofluid ne smije dotaknuti stijenke boce prije nego što dotakne vodu. U slučaju da ferofluid dotakne staklo boce, staklo će se uprljati i voda će se zamutiti. Tada je potrebno bocu oprati i ponoviti postupak. Ako je postupak uspio, kapljice ferofluida će padati na dno boce i voda će ostati prozirna. Prije zatvaranja boce potrebno je bocu dopuniti sa slanom vodom skoro do razine čepa i dobro zatvoriti. Potrebno je u boci ostaviti malo zraka. Bocu ne miješati jer se ferofluid može razdvojiti i izgubiti svoja svojstva.



Slika 12 Pribor (lijevo), ferofluid u boci (desno)

Postupak izvođenja:

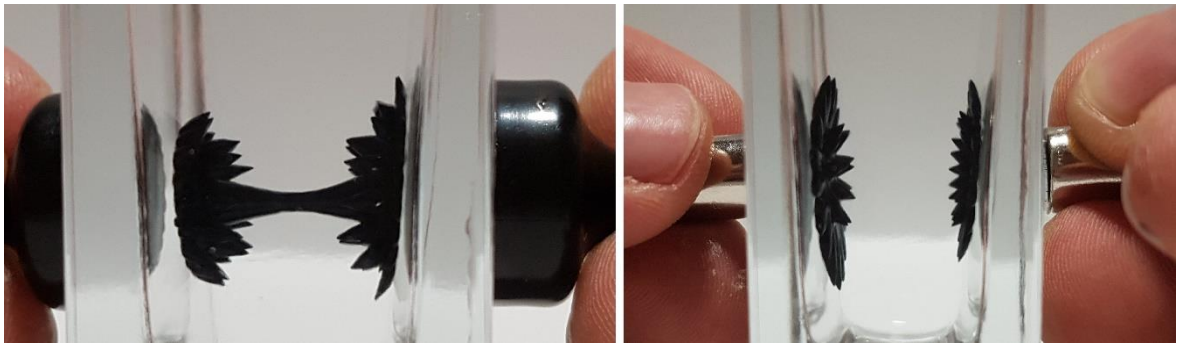
Približimo magnet boci i promatramo oblik ferofluida, šiljke, nakon što prislonimo magnet na stijenku boce. Ferofluid će također reagirati ukoliko mu približimo zavojnicu kroz koju teče struja.



Slika 13 Formiranje šiljaka od ferofluida nakon približavanja magneta stijenki boce (lijevo), ferofluid u magnetskom polju zavojnice (desno)

Zaključak:

Ferofluid kada nema utjecaja vanjskog magnetskog polja miruje na dnu boce. Nakon što približimo magnet boci, magnet će privući ferofluid i u ovisnosti o jakosti magneta formirati će se "šiljci". Šiljci će pratiti oblik silnica magnetskog polja.



Slika 14 Privlačenje magneta (lijevo), odbijanje magneta (desno)

Što je magnet jači to će šiljci biti izraženiji. Tamo gdje su najizraženiji šiljci vrijednost magnetskog polja je najveća. Na taj način se mogu detektirati polovi magneta (Slika 15).



Slika 15 Detekcija polova magneta

3.2. Željezna piljevina i magnetske iglice

U većini pokusa u nastavi vezanih za magnetizam i vizualizaciju silnica magnetskog polja koristi se željezna piljevina i magnetske iglice. Dostupnost i jednostavnost izrade postava za pokus omogućuju nastavniku demonstraciju ali i da učenici sami istražuju magnetska polja magneta, strujnih krugova, odnosno ravnog vodiča i zavojnice. Nastavnici imaju mogućnost izrade postava za demonstraciju učenicima ili dimenzijski manjih kompleta za grupni rad učenika.

3.2.1. Stalak za pokuse

Kako bi napravili postave za pokuse, u nekoliko njih biti će potrebno izraditi stalak koji će se modificirati u ovisnosti od zahtjeva pokusa. Izrađeni stalak možemo modificirati na način da omogućimo prikaz magnetskog polja ravnog vodiča, zavojnice ili petlje.

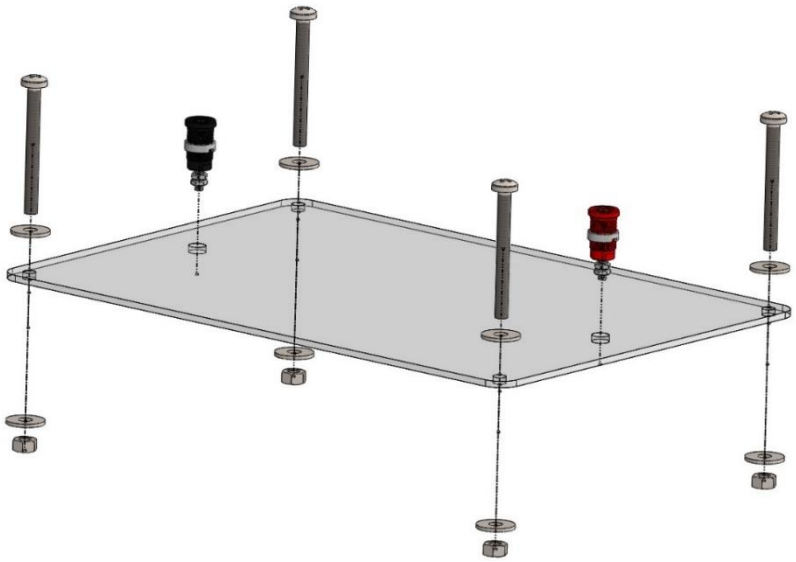
Pribor:

ploča pleksiglasa A4 format (1 komad) ili prozirna plastična ploča, bušilica, navojna šipka (4 komada jednake duljine) ili vijak (4 jednaka komada), matica (8 komada, u slučaju da se koriste vijci biti će dovoljna 4 komada), podložne pločice (8 komada), ljepljiva traka

Izrada stalka:

Na ploči od pleksiglasa potrebno je označiti četiri rupe u kutovima pleksiglasa i dvije rupe za banana konektore. Prije slaganja stalka po potrebi će se probušiti ostale rupe u pleksiglasu, ovisno o zahtjevima pokusa. Nakon što su sve rupe probušene pomoću matica i podložnih

pločica učvrstiti ćemo navojne šipke u rupe koje se nalaze u kutovima (Slika 16). Sa gornje strane pleksiglasa mogu se staviti leptir matice. Na taj način se ručno mogu zategnuti navojne šipke. Navojne šipke će služiti kao noge stalka. Kako bi stalak bilo ugodnije prenositi navojne šipke možemo zamotati ljepljivom trakom.



Slika 16 Način sklapanja stalka

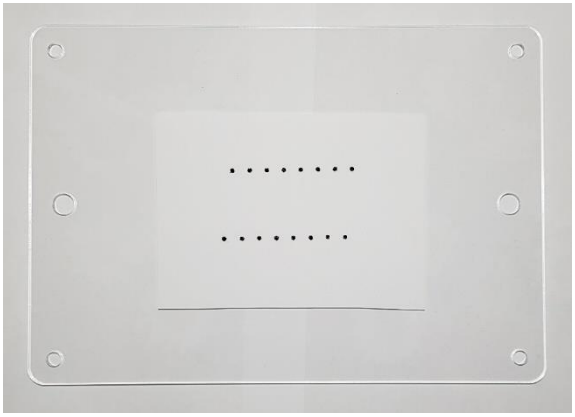
3.2.2. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (1)

Pribor:

Bakrena žica, banana konektor (2 komada), napajanje ili baterija, potreban pribor za izradu *stalka za pokuse*, željezna piljevina, magnetske iglice

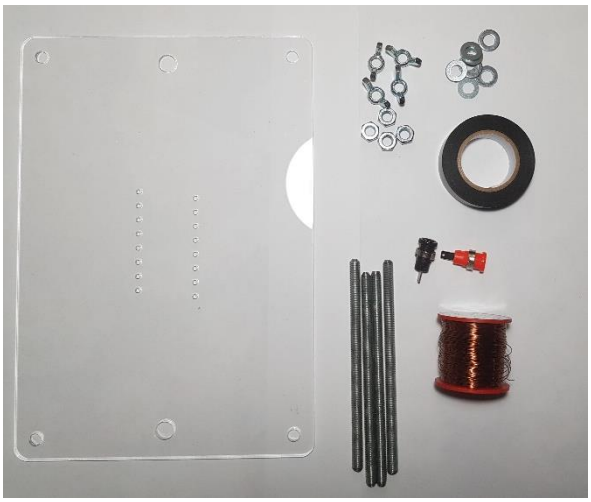
Priprema postava:

Nakon što smo u pleksiglasu izbušili potrebne rupe za noge stalka i rupe za banana konektore, u ovisnosti o veličini željene zavojnice zacrtati ćemo i proizvoljno rupa u pleksiglasu. Rupe za zavojnicu je najjednostavnije napraviti ukoliko na raspolaganju imate računalo i printer. Na računalu se nacrta raspored rupa koji se isprinta, zalijepi na pleksiglas na mjesto gdje želite namotati zavojnicu. Na taj način nije potrebno zacrtavati gdje će biti rupe na pleksiglas već samo bušilicom bušiti na označenom mjestu na papiru. Raspored rupa se može i ručno nacrtati na papiru i zalijepiti na pleksiglas (Slika 17).



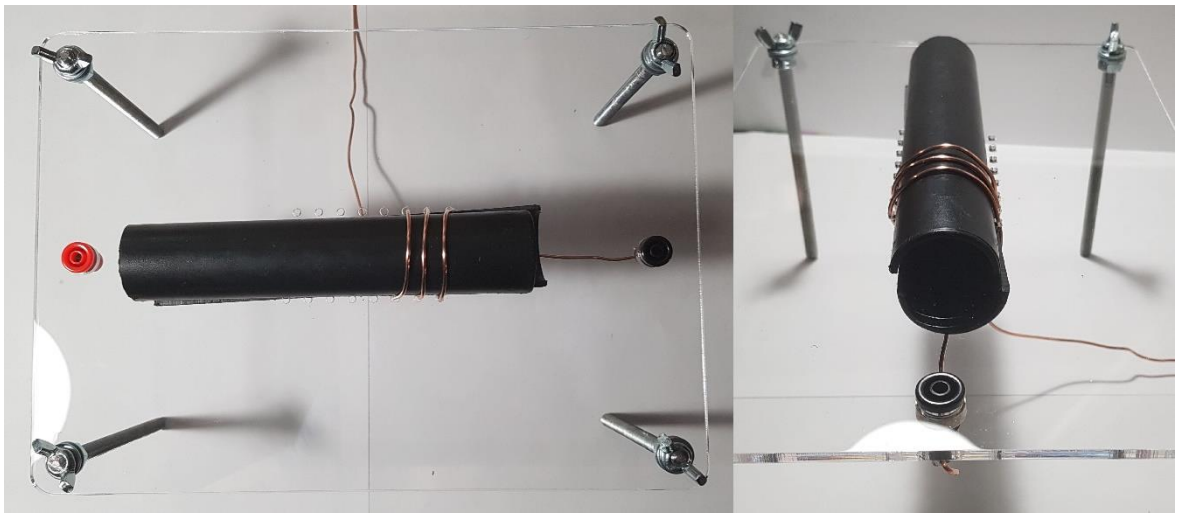
Slika 17 Predložak za rupe od zavojnice na pleksiglasu

Nakon što su sve rupe probušene učvrstimo navojne šipke.



Slika 18 Potreban pribor za sklapanje postava pokusa

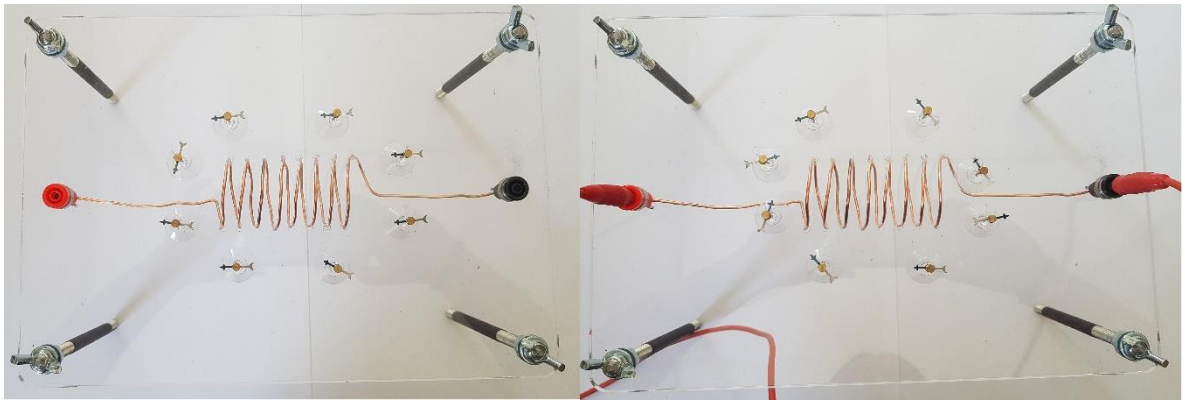
Sljedeće postavljamo banana konektore u predviđene rupe te bakrenom žicom namatamo zavojnicu kroz probušene rupe. Kako bi namatanje zavojnice bilo lakše možemo koristiti plastičnu cijev, koju prerežemo na pola po duljini. Na taj način jedan dio cijevi možemo staviti sa gornje strane stalka, drugi dio sa donje strane stalka (Slika *19*). Oko cijevi kroz rupe u pleksiglasu namatamo zavojnicu. Dobivena zavojnica će biti pravilnija. Nakon što su zavojnice namotane pričvršćujemo krajeve žica na pripadajuće banana konektore. Kako bi spoj između žice i banana konektora bio stabilniji po potrebi se može i zalemiti.



Slika 19 Namatanje zavojnice

Postupak izvođenja:

Postav pomoću žica spojimo na napajanje ili bateriju. Uzimamo jednu magnetsku iglicu ili više njih i postavljamo ih na različite točke pleksiglasa. Magnetske iglice pomičemo u različita područja i učenici skicirajući vektore magnetskog polja pokušavaju dobiti uzorak magnetskog polja.



Slika 20 Položaj magnetskih iglica dok kroz zavojnicu ne teče struja (lijevo), položaj magnetskih iglica dok kroz zavojnicu teče struja (desno)

Nakon što primijete uzorak laganim pokretima sipamo željeznu piljevinu na pleksiglas na način da je raspoređena po cijelom pleksiglasu. Ako se željezna piljevina ne rasporedi u obliku silnica prilikom spajanja postava na napajanje potrebno je prstom “tuckati” po pleksiglasu kako bi se odvojila od pleksiglasa i formirala silnice. Učenici na taj način mogu promatrati međusoban odnos između skice iz bilježnice i slike dobivenih silnica. Također

sami mogu istražiti što će se dogoditi ukoliko se prilikom izvođenja pokusa izmjeni smjer struje kroz zavojnicu, kako će na promjenu smjera struje reagirati magnetske iglice, odnosno je li će doći do promjene slike koju dobivamo pomoću željezne piljevine. Preporuča se da učenici pokus izvode u grupama i samostalno istražuju.

Zaključak:

Učenici će pomoću ovoga pokusa osvijestiti razliku između vektora magnetskog polja i silnica magnetskog polja. Vizualizirati će magnetsko polje zavojnice pomoću vektora



Slika 21 Silnice magnetskog polja dobivene pomoću željezne piljevine

magnetskog polja i silnica magnetskog polja. Kada se promijeni smjer struje kroz zavojnicu oblik silnica dobiven pomoću željezne piljevine ostati će jednak, dok će magnetske iglice, odnosno vektori magnetskog polja promijeniti smjer.

3.2.3. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (2)

Pribor:

Bakrena žica, željezni čavao, mineralno ulje, staklenka sa poklopcem (najbolje plosnata ili četvrtasta), banana konektor (2 komada), bušilica, čelična vuna ili željezna piljevina, napajanje ili baterija, škare

Priprema postava:

Pomoću čavla i bakrene žice namotati ćemo zavojnicu tako da sa jednog i drugog kraja ostavimo desetak centimetara žice koja nije namotana. Pomoću bušilice probušiti ćemo u poklopcu staklenke dvije rupe odgovarajuće veličine za koje ćemo pričvrstiti banana konektore. Na banana konektore, sa unutarnje strane poklopca, spojiti ćemo žice od

zavojnice. Čeličnu vunu ćemo usitniti pomoću škara ili pomoću sjeckalice. U staklenku ćemo staviti mineralno ulje i usitnjenu čeličnu vunu (Slika 22).



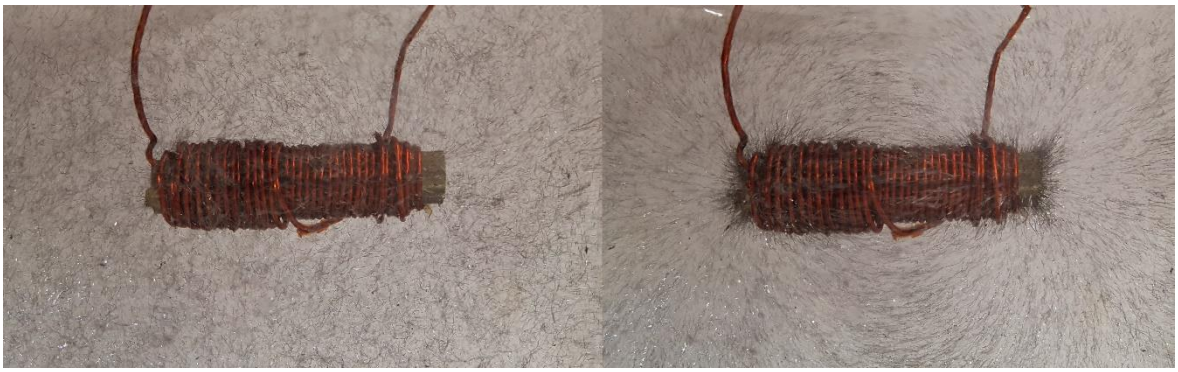
Slika 22 Zavojnica u mineralnom ulju s usitnjenom čeličnom piljevinom

Postupak izvođenja:

Prije upotrebe staklenku promiješamo kako bi se čelična vuna ravnomjerno rasporedila. Pomoću žica spojimo zavojnicu na napajanje i kroz nju pustimo struju. Struju kroz zavojnicu možemo vremenski puštati onoliko koliko je potrebno, sve dok ne dobimo željenu sliku.

Zaključak:

Zbog toka struje kroz zavojnicu čestice čelične vune će polako početi formirati silnice magnetskog polja (Slika 23*)*. Pomoću navedenog pokusa, rotiranjem staklenke učenici će moći vidjeti 3D sliku silnica magnetskog polja zavojnice. Zbog viskoznosti mineralnog ulja slika silnica će se polako formirati i vidljivost silnica će biti bolja zbog niti čelične vune. Nakon što smo dobili željenu sliku i ugasimo struju, unatoč tome što magnetsko polje zavojnice više neće privlačiti čeličnu vunu slika će i dalje neko vrijeme biti vidljiva (zbog viskoznosti ulja).



Slika 23 Prije puštanja struje kroz zavojnicu (lijevo), nakon puštanja struje kroz zavojnicu (desno)

3.2.4. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja magneta (1)

Pribor:

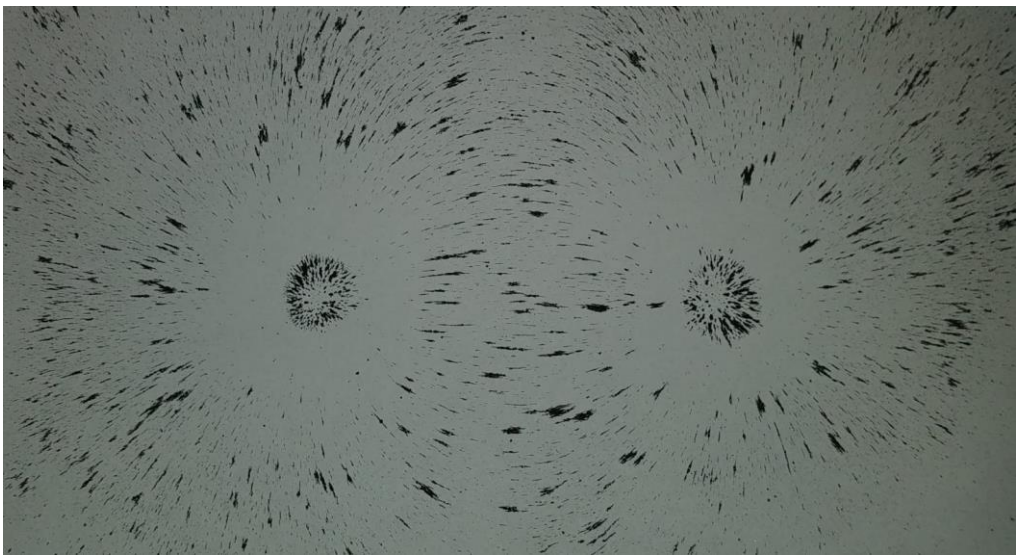
Željezna piljevina, bijeli papir, magneti

Postupak izvođenja:

Na magnet stavimo papir. Što je veća dimenzija papira lakše ćemo nakon izvođenja pokusa s njime manipulirati. Po papiru posipamo željeznu piljevinu. Postupak ponovimo sa zavojnicom spojenom na napajanje ili bateriju.

Zaključak:

Nakon što po papiru posipamo željeznu piljevinu ona će se rasporediti duž silnica magnetskog polja magneta i zavojnice.



Slika 24 Silnice magnetskog polja magneta na papiru

3.2.5. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja magneta (2)

Prethodni pokus je dosta nezgodan za izvedbu s obzirom da nastavnici fizike najčešće prilikom izvedbe pokusa izgube dio piljevine. S obzirom da škole u većini slučajeva imaju ograničenu količinu željezne piljevine potrebno je osmisliti postav pokusa gdje do gubitka piljevine neće doći i koji će se moći koristiti neograničeno puta.

Pribor:

Prozirna plosnata plastična boca, mineralno ulje, željezna piljevina, magneti

Priprema postava:

U plastičnu bocu staviti ćemo mineralno ulje i željeznu piljevinu.



Slika 25 Željezna piljevina u plastičnoj boci

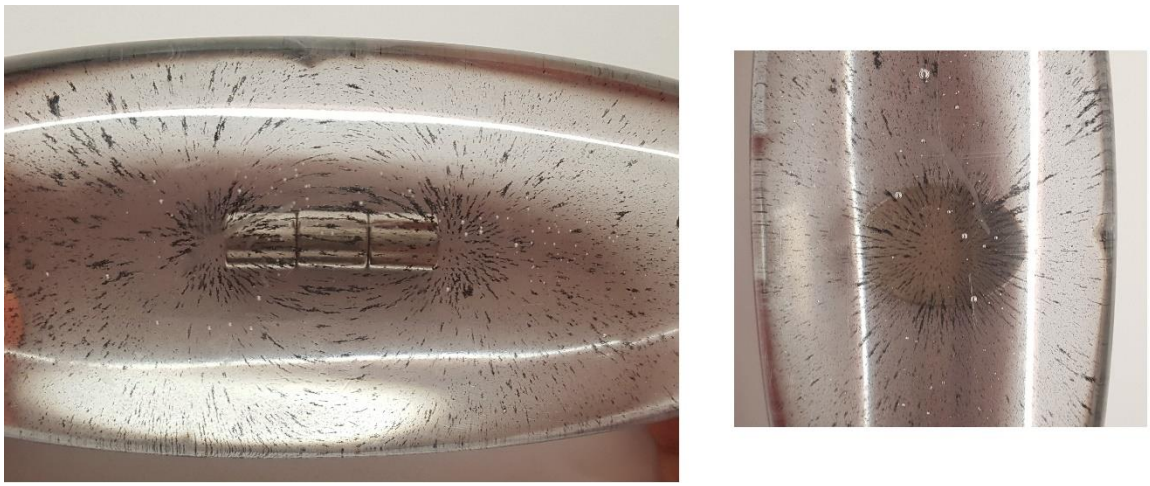
Postupak izvođenja:

Željezna piljevina će pasti na dno boce, tako da prije upotrebe potrebno je bocu protresti kako bi se željezna piljevina ravnomjerno rasporedila po cijelom volumenu boce. Na bijeli papir stavimo magnet i plastičnu bocu sa mineralnim uljem i željeznom piljevinom polagano prislonimo na magnet. Iznad magneta formirati će se silnice magnetskog polja. Možemo koristiti magnete različitih oblika mijenjati kako bi promatrali različita magnetska polja.

Također bocu možemo staviti u razne položaje i promatrati magnetska polja iz više kutova. Kada želimo promijeniti magnet čije magnetsko polje proučavamo dovoljno je ponovno protresti bocu kako bi se željezna piljevina ponovno ravnomjerno rasporedila.

Zaključak:

Postav pokusa je jednostavan za korištenje te time omogućuje učenicima promatranje silnica magnetskog polja magneta u prostoru. Postav se može koristiti neograničeno puta.



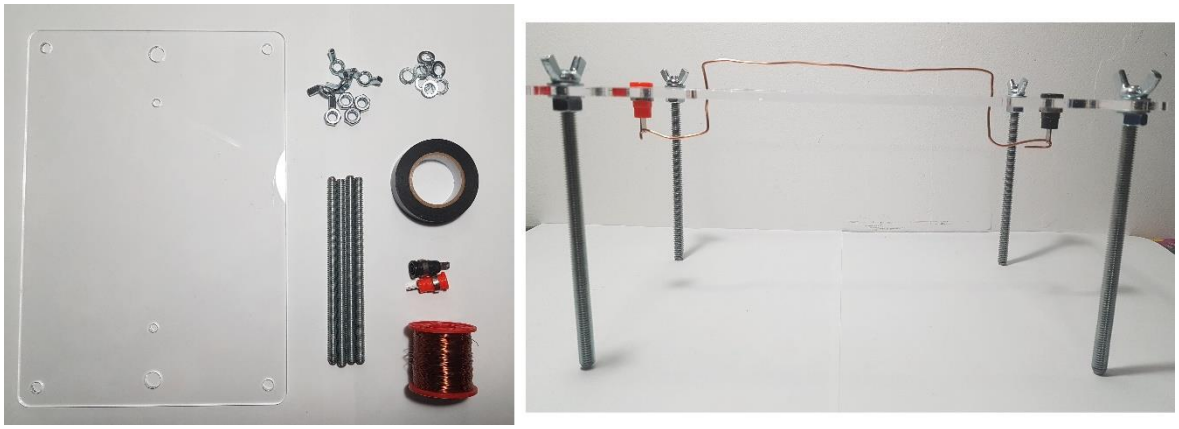
Slika 26 Silnice magneta oblika valjka (lijevo), silnice okruglog magneta (desno)

3.2.6. Pokus: Vizualizacija vektora magnetskog polja ravnog vodiča

Pribor:

Bakrena žica, bušilica, banana konektor (2 komada), napajanje ili baterija, potreban pribor za izradu *stalka za pokuse,* magnetske iglice

Priprema postava:



Slika 27 Potreban pribor (lijevo), postav (desno)

Nakon bušenja rupa za stalak u pleksiglasu probušimo dvije rupe kroz koje ćemo provući vodič. Učvrstimo navojne šipke i banana konektore. Središnji dio vodiča / bakrene žice ide iznad pleksiglasa. Udaljenost od pleksiglasa do vodiča mora biti dovoljno velika kako bi ispod vodiča mogli postaviti magnetske iglice.

Postupak izvođenja:

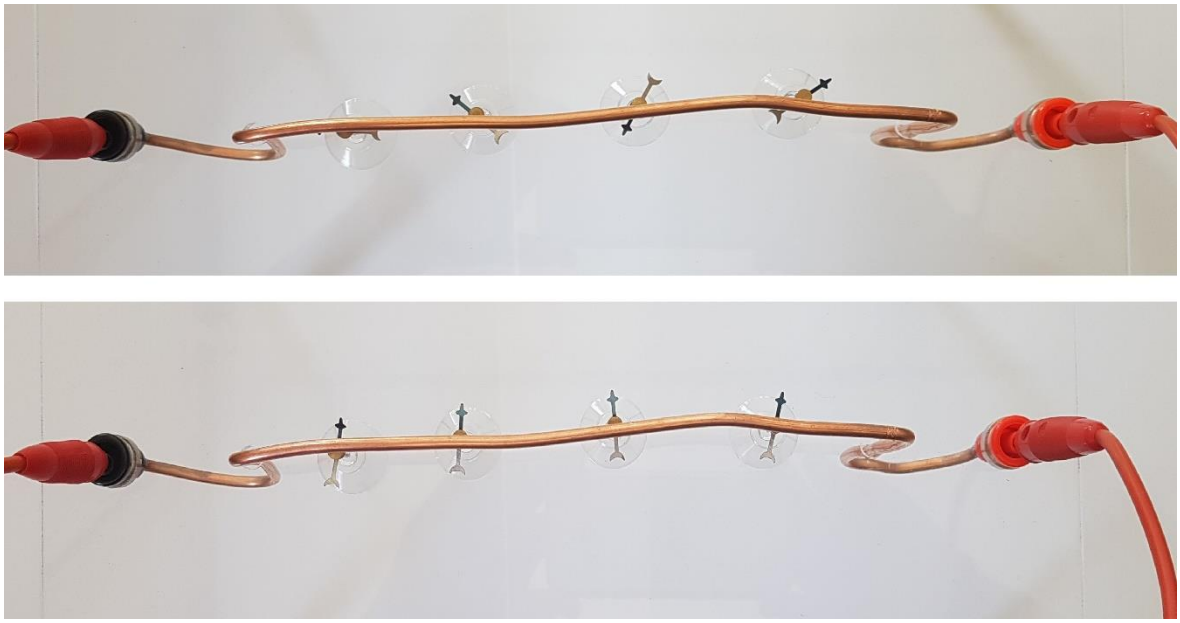
Magnetske iglice postavimo ispod ravnog vodiča. Ravni vodič spojimo na napajanje. Promijenimo smjer struje i promatramo što će se dogoditi sa orijentacijom magnetskih iglica.

Pitanja za učenike:

Zašto magnetske iglice stavljamo samo ispod ravnog vodiča?

Što očekujete da bi vidjeli kada bi koristili željeznu piljevinu umjesto magnetskih iglica?

Zaključak:



Slika 28 Postav prije puštanja struje kroz vodič (gore), postav za vrijeme prolaska struje kroz vodič (dolje)

Magnetske iglice će se poravnati sa smjerom magnetskog polja. Dobiveni položaj magnetskih iglica možemo provjeriti pravilom desne ruke. Ukoliko promijenimo smjer struje koja teče kroz vodič, magnetske iglice će se zaokrenuti u suprotnom smjeru. Magnetske iglice stavljamo ispod ravnog vodiča jer sila koja djeluje na magnetske iglice okomita je na spojnicu žice i igle.

3.2.7. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja ravnog vodiča

Pribor:

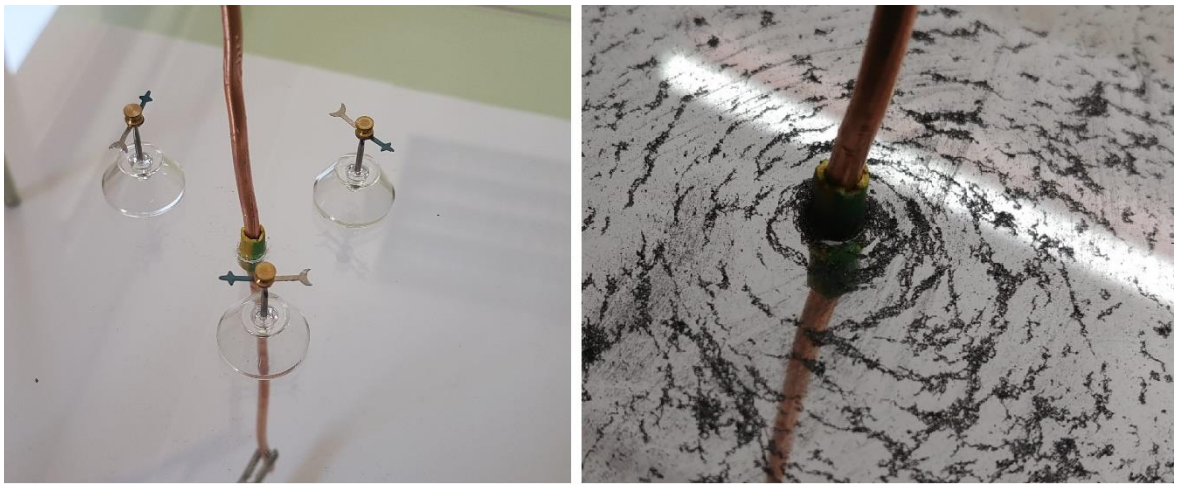
Bakrena žica, bušilica, napajanje ili baterija, potreban pribor za izradu *stalka za pokuse*, magnetske iglice, željezna piljevina, žica sa krokodil štipaljkama (2 komada)

Izrada postava:

U pleksiglasu je potrebno na sredini probušiti rupu kroz koju ćemo okomito provući ravnu žicu. Kako bi žica nepomično stajala možemo je po potrebi učvrstiti vrućim ljepilom.

Postupak izvođenja:

Oko vodiča postavimo magnetske iglice. Pomoću krokodil štipaljka spojimo vodič na napajanje. Kroz vodič pustimo struju i crtamo položaje magnetskih iglica. Nakon toga posipamo željeznu piljevinu oko vodiča.



Slika 29 Magnetske iglice za vrijeme prolaska struje kroz ravni vodič (lijevo), silnice magnetskog polja dobivene pomoću željezne piljevine (desno)

Pitanja za učenike:

Kako možemo provjeriti pravilo desne ruke pomoću magnetskih iglica?

Što predstavlja magnetska iglica u jednoj točki?

Zaključak:

Magnetske iglice će se zaokrenuti u smjeru magnetskog polja. Njihov smjer će ovisiti o smjeru struje koja teče vodičem. Ako palac desne ruke postavimo u smjeru struje, ostali prsti će nam pokazivati u smjeru magnetskih iglica.

3.2.8. Pokus: Vizualizacija silnica magnetskog polja zavojnice (3)

Pribor:

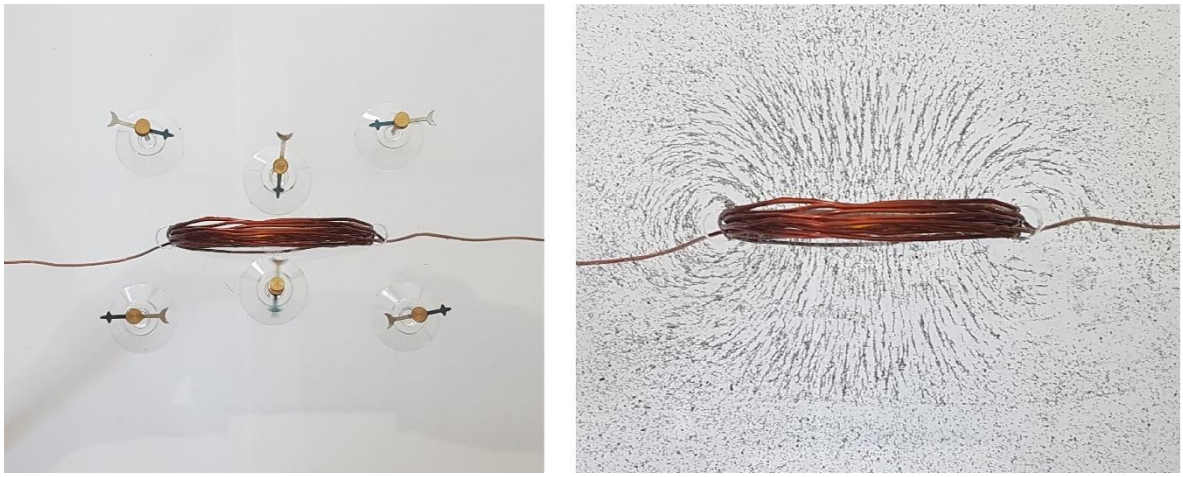
Bakrena žica, bušilica, banana konektor (2 komada), napajanje ili baterija, potreban pribor za izradu *stalka za pokuse*, željezna piljevina, magnetske iglice

Izrada postava:

Zavojnicu možemo napraviti tako da probušimo samo dvije rupe u pleksiglasu. Više puta namatamo žicu kroz samo dvije rupe. Kako bi dobili što pravilniju zavojnicu možemo se poslužiti prerezanom plastičnom cijevi. Pri namatanju zavojnice bitno je da je žica izolirana, lakom ili silikonom, kako zavojnica ne bi bila u kratkom spoju. Nakon namatanja žicu učvrstimo na banana konektore.

Postupak izvođenja:

Magnetske iglice postavimo oko zavojnice i pustimo struju. Učenici u bilježnicu bilježe položaje magnetskih iglica sve dok ne dobe uzorak. Nakon toga po pleksiglasu sipamo željeznu prašinu.



Slika 30 Magnetske iglice za vrijeme prolaska struje kroz ravni vodič (lijevo), silnice magnetskog polja dobivene pomoću željezne piljevine (desno)

Zaključak:

Učenicima će zornije biti prikazano magnetsko polje zavojnice nego kada imamo dulju zavojnicu, odnosno biti će bolje vidljiv i nehomogen dio magnetskog polja zavojnice. Na isti način možemo napraviti postav i za magnetsko polje kružne petlje i usporediti magnetska polja. Kružna petlja je komad vodiča savijen u prsten, odnosno samo jedan navoj zavojnice.

3.3. Pokus: Folija za detekciju magnetskog polja

Pribor:

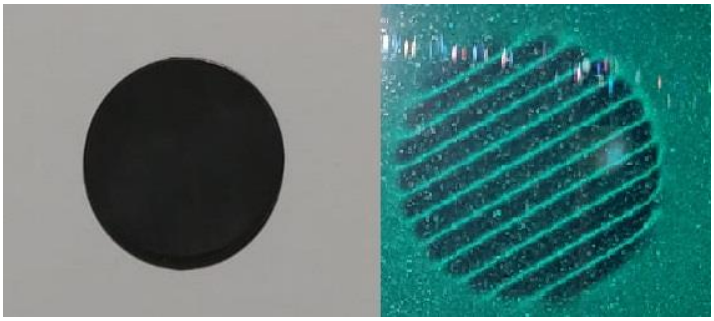
Folija za detekciju magnetskog polja, magneti



Slika 31 Folija za detekciju magnetskog polja

Postupak izvođenja:

Magnete postavimo na podlogu i prekrijemo ih hrapavijim dijelom folije.

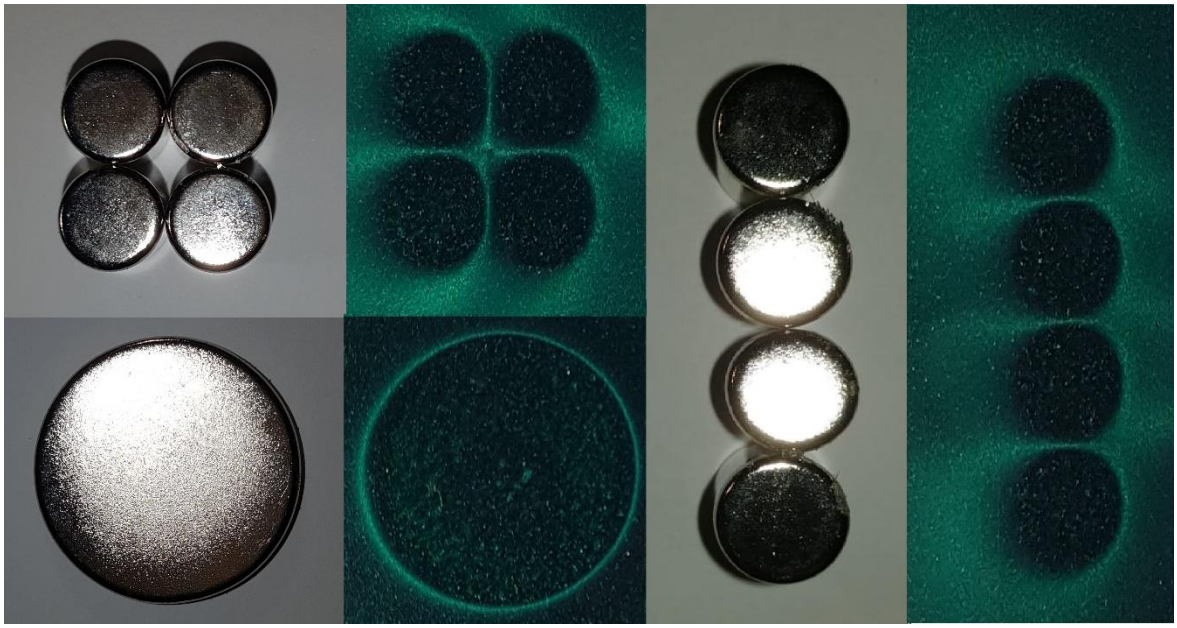


Slika 32 Magnet za hladnjak i slika nastala na zelenoj foliji zbog magnetskog polja magneta

Zaključak:

Folija se sastoji od translucentnog fleksibilnog lista koji je premazan mnoštvom mikro kapsula koje sadrže čestice nikla suspendirane u ulju. Navedeno omogućava da se u prisustvu vanjskog magnetskog polja čestice nikla slobodno gibaju. Prilikom približavanja folije magnetu čestice nikla će se grupirati na mjestima gdje je vrijednost magnetskog polja najveća. Nastala slika će nestati kada magnet udaljimo od folije. Tada će se čestice nikla slobodno rasporediti. Sliku možemo obrisati tako da sa magnetom pređemo iznad cijele folije, odnosno nova slika će nastati kada izvor magnetskog polja ponovno približimo foliji.

Svjetlije crte na slici označavati će granice između dva pola. Učenici pomoću navedene folije mogu istraživati različite uzorke magnetskih polova i prijelaze između njih.



Slika 33 Različiti uzorci magnetskih polova

4. Uporaba računala u nastavi

Informacijsko-komunikacijska tehnologija razvija se brzo i dio je svakodnevice velikog dijela svjetske populacije. Razvojem tehnologije razvijaju se i alati koji se mogu koristiti u nastavi u školi. Brojni nastavnici prepoznali su potencijal uporabe računala u nastavi kako bi učenicima omogućili jednostavnije razumijevanje i predočavanje koncepta koje učenici moraju savladati. Razvitak digitalne pismenosti učenika također samim učenicima omogućuje stvaranje vlastitih alata u svrhu razumijevanja problema koji je ispred njih postavljen. U ovome radu koristiti će se *GeoGebra* i *Physlet Physics 3E*. Interaktivni materijali imaju mogućnost pohrane na uređaj te nije potrebna internetska veza prilikom njihovog pokretanja.

4.1. Geogebra

GeoGebra je program dinamične matematike koji ujedinjuje geometriju, algebru i analizu. Program je za učenje i poučavanje matematike razvio Markus Hohenwarter i međunarodni tim programera [23]. Danas se *GeoGebra* također koristi u poučavanju predmeta iz STEM područja, poput fizike. *GeoGebru* je moguće koristiti na raznim uređajima poput računala, tableta ili pametnih telefona te kao mrežnu aplikaciju. Dostupna je za instalaciju i nastavnicima i učenicima koji imaju mogućnosti kreirati svoje aplete ili uređivati postojeće.

4.1.1. Pokus: Magnetsko polje ravnog vodiča

Pribor:

računalo, projektor (pametna ploča)

Postupak izvođenja:

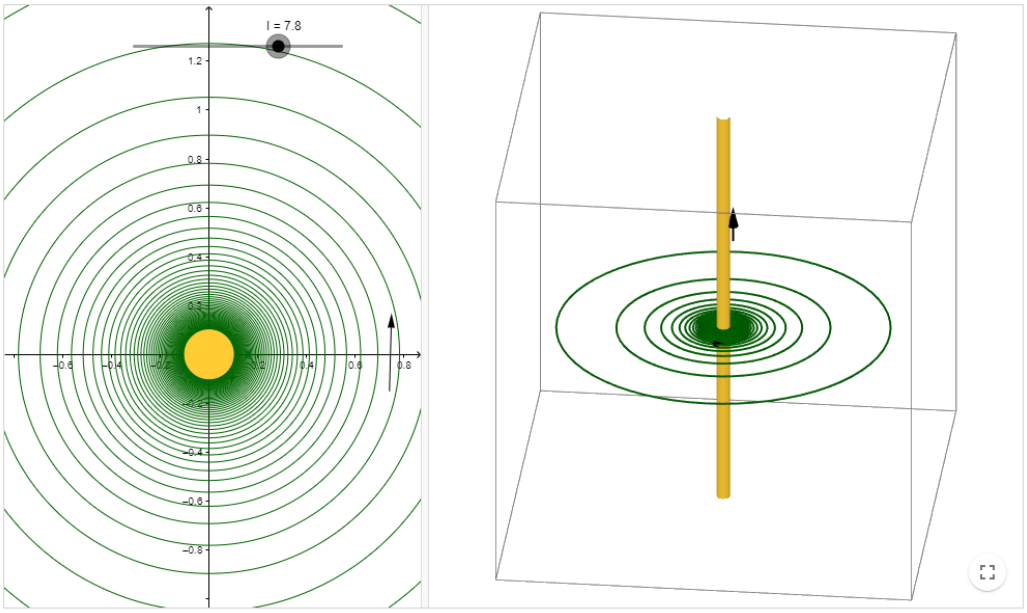
Pokretanje simulacije u *GeoGebri* [24]. Klizačem određujemo jakost i smjer struje kroz ravni vodič. Strelica na lijevom dijelu simulacije pokazuje smjer magnetskog polja u zadanoj točki na *x* osi, dok strelica pored vodiča na desnoj strani simulacije prikazuje smjer struje. Gustoća kružnica oko vodiča određuje jakost magnetskog polja. Tamo gdje su kružnice gušće jakost magnetskog polja je veća, a gdje su kružnice rjeđe jakost magnetskog polja je manja.

Pitanja za učenike:

Ovisi li jakost magnetskog polja o jakosti struje kroz ravni vodič?

Ovisi li jakost magnetskog polja o udaljenosti od ravnog vodiča?

Ovisi li smjer magnetskog polja u promatranoj točki o smjeru struje kroz ravni vodič?



Slika 34 Magnetsko polje ravnog vodiča

Zaključak:

Što je veća struja koja prolazi kroz ravni vodič, veće je magnetsko polje u blizini vodiča. Magnetsko polje u točki promatranja ovisi o udaljenosti točke od ravnog vodiča. Povećanjem udaljenosti od izvora magnetskog polja, magnetsko polje se smanjuje. Kada promijenimo smjer struje koja teče kroz ravni vodič u točki promatranja promijenit će se smjer magnetskog polja što možemo provjeriti pravilom desne ruke.

4.2. Physlet Physics 3E

Physlet Physics 3E [25] je kolekcija materijala, interaktivnih ilustracija i problema iz fizike. Kako bi se pristupilo apletima potreban je internet preglednik koji podržava *JavaScript* koji je u današnje vrijeme dostupan na računalima i pametnim telefonima.

4.2.1. Pokus: Magneti i kompas

Pribor:

računalo, projektor (pametna ploča)

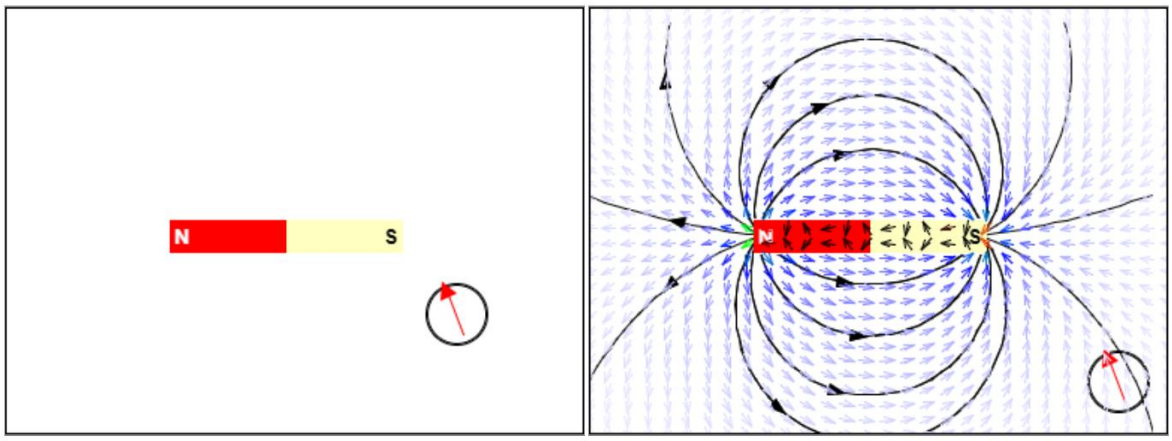
Postupak izvođenja:

Navedeni pokus može se zadati kao samostalni projektni zadatak učenicima ili se može izvoditi na nastavi.

Aplet nudi nekoliko mogućnosti:

- jednostrukim klikom može se dodati magnet po izboru (2 vertikalna i 2 horizontalna magneta)
- prikaz i brisanje vektora magnetskog polja
- dodavanje silnica (jednu po jednu) dvostrukim klikom na aplet

Prilikom pokretanja apleta učitati će se jedan horizontalni magnet i kompas. Iglica kompasa je permanentni magnet i njena strelica pokazuje prema sjevernom polu permanentnog magneta. Pomoću kompasa može se istražiti magnetsko polje u okolini magneta. Učenici bilježe smjer kompasa u dovoljno točaka sve dok ne utvrde uzorak. Prikaz vektora magnetskog polja nakon uključivanja u apletu trebao bi biti jednak skici koju su učenici nacrtali. Jakost magnetskog polja prikazana je različitom bojom vektora magnetskog polja. Dvostrukim klikom na točku unutar apleta prikazati će se silnice magnetskog polja. Silnice su iste boje. Obrisati sve iz apleta, dodati dva magneta jedan pored drugog. Postaviti ih na način da se različiti polovi dodiruju.



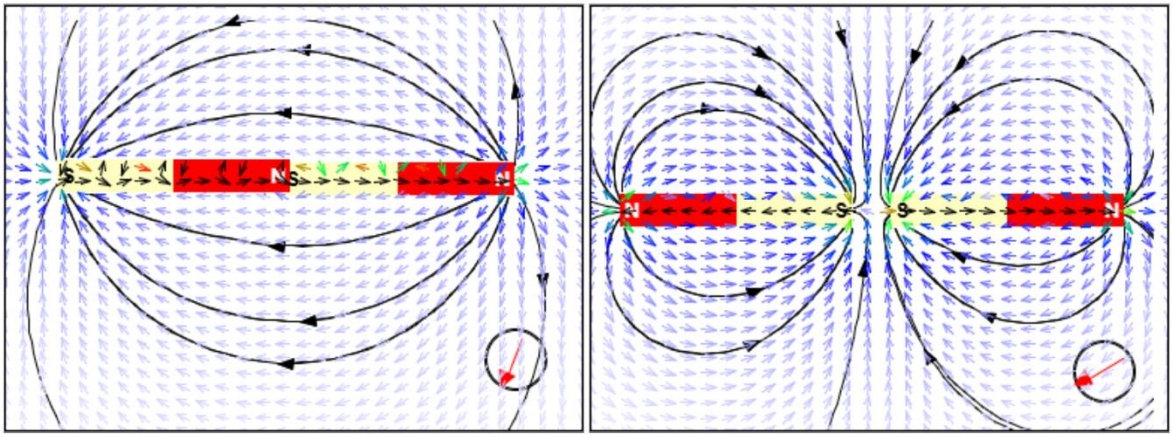
Slika 35 Prikaz apleta prilikom pokretanja (lijevo), prikaz nakon uključivanja vektora magnetskog polja i silnica (desno)

Pitanja za učenike:

Koja je razlika između vektora magnetskog polja i silnica magnetskog polja?

Kako se prikazuje jakost magnetskog polja pomoću silnica, a kako pomoću vektora magnetskog polja?

Kako će izgledati magnetsko polje magneta ako ga prepolovimo? Ako njegove polovice ponovno spojimo?



Slika 36 prikaz magnetskog polja magneta kojima se dodiruju različiti polovi, prikaz magnetskog polja magneta koji se odbijaju

Zaključak:

Vektori magnetskog polja su kao male iglice kompasa postavljene u različite točke prostora. U promatranoj točki duljina vektora predstavlja jakost magnetskog polja, strelica pokazuje u smjeru magnetskog polja. Vektori magnetskog polja su tangencijalni na silnice magnetskog polja. Jakost magnetskog polja prikazana je gustoćom silnica. Ako prepolovimo magnet dobiti ćemo dva magneta od kojih će svaki imati dva pola, ne postoji magnetski monopol.

4.2.2. Pokus: Magnetsko polje Zemlje

Pribor:

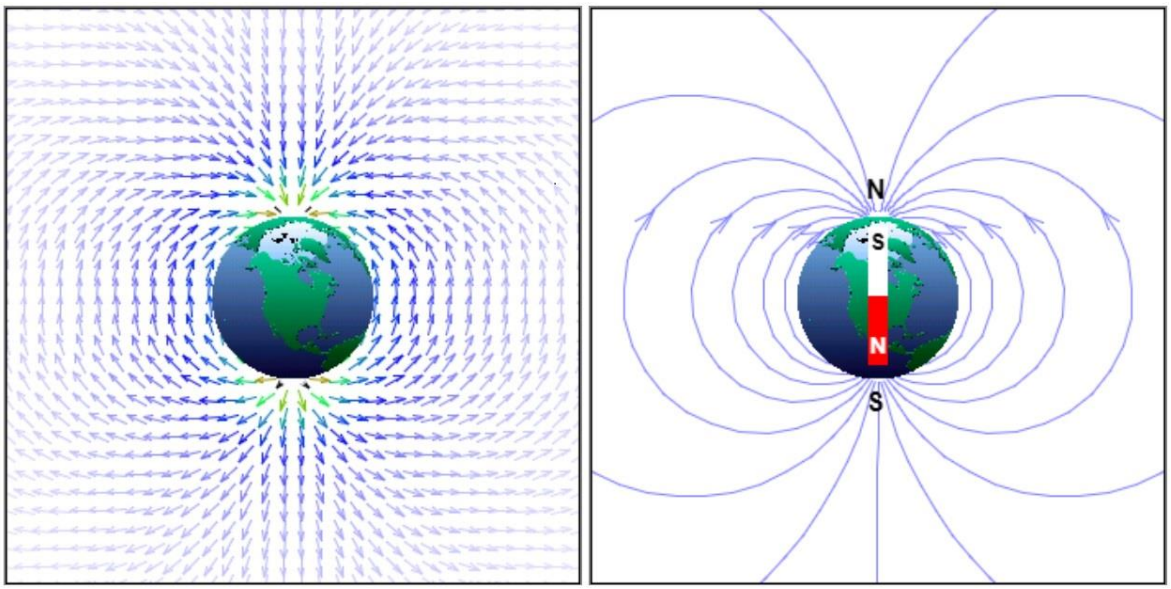
računalo, projektor (pametna ploča)

Postupak izvođenja:

Aplet [26] nudi nekoliko mogućnosti:

- prikaz kompasa
- prikaz vektora magnetskog polja Zemlje
- prikaz silnica magnetskog polja Zemlje
- prikaz geografskih i magnetskih polova Zemlje

Prije prikaza vektora magnetskog polja i silnica učenici pomoću kompasa mogu bilježiti smjer magnetskog polja dok ne utvrde uzorak. Učenici svoj crtež mogu provjeriti pomoću prikaza vektora magnetskog polja. Uključen prikaz geografskih i magnetskih polova pokazuje da polovi nisu jednaki.



Slika 37 Prikaz vektora magnetskog polja Zemlje (lijevo), prikaz silnica magnetskog polja Zemlje te geografskih i magnetskih polova (desno)

Pitanja za učenike:

U kojem su odnosu magnetska iglica kompasa i silnice magnetskog polja Zemlje?

Jesu li geografski polovi Zemlje jednaki magnetskim polovima Zemlje?

Zaključak:

Iglice kompasa su tangencijalne na silnice magnetskog polja Zemlje u promatranoj točki. Geografski polovi Zemlje nisu jednaki magnetskim polovima Zemlje. Kompas pokazuje prema geografskom sjevernom polu koji je zapravo južni magnetski pol. Magnetski polovi Zemlje ne miruju, zbog toga je u prošlosti dolazilo do izmjene magnetskih polova, odnosno južni magnetski pol postao je sjeverni, a sjeverni magnetski pol južni.

5. Nastavna priprema

Prije nastavne jedinice *Magnetsko polje električne struje* učenici su se već upoznali sa pojmom magnetskog polja, magnetske inukcija B, magnetskih silnica, gibanjem nabijene čestice u magnetskom polju i silom koja djeluje na vodič kojim teče struja i koji se nalazi u magnetskom polju. U osnovnoj školi su se već upoznali s magnetskim učinkom električne struje, odnosno da se oko vodiča kojim teče struja stvara magnetsko polje.

<table>
<tr><th colspan="2">NASTAVNA PRIPREMA</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Škola: Gimnazija

Ime i prezime studenta: Dora Vnučec</td><td>Predmet: Fizika</td></tr>
<tr><td>Razred: 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Naziv metodičke jedinice: Magnetsko polje</td><td>Broj sati: 1</td></tr>
<tr><td>Nadnevak:</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Nastavna jedinica: Magnetsko polje električne struje</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Odgojno-obrazovni ishodi:

B.3.1. Opisuje svojstva magneta i analizira vezu između električne struje i magnetizma [20]
ABCD.3.9. Istražuje fizičke pojave [20]</td></tr>
<tr><td>Razrada odgojno-obrazovnih ishoda:

Opisati magnetsko polje ravnog vodiča kada njime teče struja, usvojiti izraze za magnetsku indukciju ravnog vodiča i primijeniti ih.</td></tr>
<tr><td>Očekivanja međupredmetnih tema:

MPT OSR B.5.2. Suradnički uči i radi u timu [20]</td></tr>
</table>

Suodnos:

Matematika: **C.3.6.** Računa s vektorima [20]

Tip sata:

Interaktivno izlaganje

Nastavne metode:

Metoda razgovora – usmjerena rasprava, metoda pisanja/crtanja

Oblici rada:

Frontalni rad, rad u parovima

Nastavna sredstva i pomagala:

Izvor istosmjerne struje, prekidač, postav za vizualizaciju magnetskog polja ravnog vodiča, magnetska igla / magnetske iglice, galvanometar, promjenjivi otpornik, projektor

Za učenike koji žele znati više:

Physlet Physics, dostupno na: https://www.compadre.org/physlets/

Literatura (za nastavnika i učenike):

Labor J., Fizika 2, priručnik za nastavnike, Alfa, Zagreb, 2004.

Horvat D., Hrupec D., Fizika 2, pojmovi i koncepti, udžbenik s multimedijskim sadržajem za 2. razred gimnazija, Neodidacta, Zagreb, 2013.

Labor J., Fizika 2, udžbenik za drugi razred gimnazije, Alfa, Zagreb, 2004.

Paar V., Hrlec A., Sambolek M., Vadlja Rešetar K., Fizika oko nas 3, Školska knjiga, Zagreb, 2020.

Nada Brković, Zbirka zadataka iz fizike I-II-III dio, LUK, Zagreb, 2001.

Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Fizike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 10/2019

Sadržaj rada

UVODNI DIO

Podsjećam učenike na pokus s kojim smo pokazali djelovanje Amperove sile (sila na vodič kojim teče struja i koji se nalazi u magnetskom polju) te da smo demonstrirali odbijanje i privlačenje navedenog vodiča).

Kako bi pokazali postojanje magnetskog polja oko vodiča kojim teče struja?

Prikupljam učeničke prijedloge i očekujem da će predložiti da postojanje magnetskog polja možemo provjeriti pomoću magnetske igle.

Oerstedov pokus

Učenike upoznajem sa postavom pokusa. Ravni vodič (koristimo postav gdje je vodič horizontalan) spojimo u strujni krug s baterijom i prekidačem. Ispod vodiča postavimo magnetsku iglu. Ravni vodič i magnetska igla su u smjeru sjever-jug. Strujni krug je otvoren.

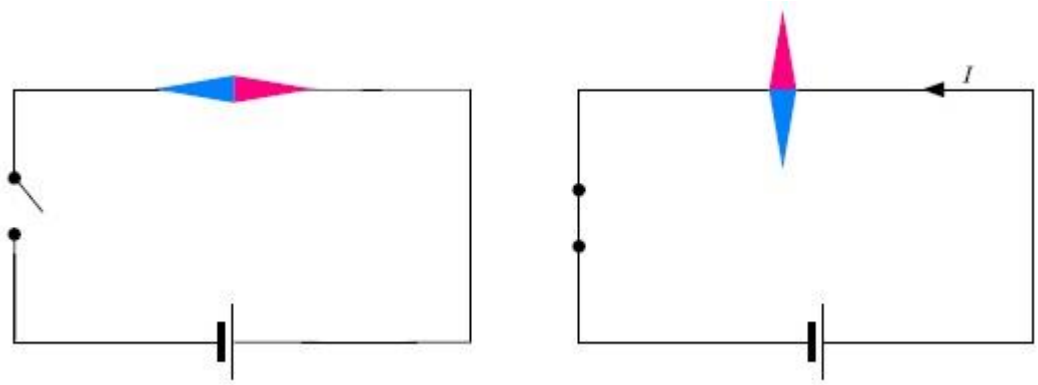
Pod utjecajem kojeg polja je magnetska igla? Zemljino magnetsko polje
Koji smjer pokazuje igla kada se nalazi u Zemljinom magnetskom polju? Sjever – jug

Od učenika prikupljam predviđanja što misle da će se dogoditi kada uključim prekidač i zatvorim strujni krug. Očekujem da će većina reći da će se magnetska igla otkloniti.

Zatvorim strujni krug.

Što se dogodilo sa magnetskom iglom? Otklonila se.
Kako tumačite njen otklon? Na magnetsku iglu je djelovalo magnetsko polje vodiča.
Što je uzrok nastanka magnetskog polja? Oko vodiča kojim teče struja nalazi se magnetsko polje.
Što očekujete da će se dogoditi kada prekinemo strujni krug? Magnetska igla će se vratiti u početni položaj.

Skica pokusa:



Kako možemo saznati koji smjer ima magnetsko polje oko vodiča kojim teče struja?
Kako treba postaviti magnetsku iglu?
Očekujem da će učenici reći da magnetsku iglu postavljamo u različite položaje oko vodiča.

Kako bi bolje demonstrirali magnetsko polje i njegov smjer u drugom dijelu pokusa koristiti ću postav gdje je ravni vodič postavljen vertikalno.

Zatvorim strujni krug i magnetsku iglicu postavljam u više položaja oko vodiča. Učenici crtaju smjer magnetske igle.

Koji smjer pokazuje magnetska igla u različitim položajima? Crtež pokazuje smjer magnetskog polja u izabranim točkama.

GLAVNI DIO

O čemu ovisi magnetsko polje oko vodiča?
Prikupljam učeničke prijedloge.

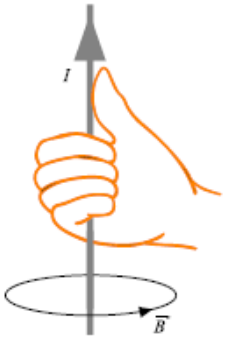
Utječe li smjer struje na smjer magnetskog polja koje ona uzrokuje? Kako biste to ispitali? Kojim instrumentom možemo odrediti smjer struje?
Prikupljam učeničke prijedloge.

U strujni krug spajam galvanometar i s učenicima određujem smjer struje u prvom pokusu.
Okrećem polaritet baterije i zatvaram strujni krug.

Što pokazuje galvanometar? Kakav je smjer struje u odnosu na prethodni pokus?
Galvanometar pokazuje da je smjer struje suprotan u odnosu na prethodni pokus
Koji smjer sada pokazuje magnetska igla u različtim položajima oko vodiča? Magnetska igla sada pokazuje u suprotnom smjeru u odnosu na prethodni pokus.

Učenike upoznajem sa pravilom desne ruke i načinu kako se on koristi prilikom određivanja smjera magnetskog polja ravnog vodiča.

Skica: Određivanje smjera magnetskog polja ravnog vodiča [12]



Gdje očekujete da će magnetsko polje biti najjače?
Očekujem da će učenici reći u blizini vodiča kojim teče struja.

Kako biste to provjerili? Dok struja prolazi vodičem polako udaljavam magnetsku iglu od nje.
Kako se ponaša magnetska igla prilikom udaljavanja od vodiča? Magnetska igla se udaljavanjem od žice vraća u početni položaj.
Kako se ponaša na većoj udaljenosti od vodiča i djeluje li na nju u toj točki magnetsko polje vodiča? Na dovoljno velikoj udaljenosti od vodiča magnetska igla ponovno pokazuje smjer magnetskog polja Zemlje.
Što možemo zaključiti? Povećanjem udaljenosti od vodiča što se događa sa jakosti magnetskog polja? Jakost magnetskog polja slabi sve dok magnetska igla više neće osjetiti njegov utjecaj.

Ovisi li magnetsko polje vodiča o jakosti struje?
Očekujem da će učenici reći da ovisi.

U strujni krug dodamo promjenjivi otpornik i odaberemo najveći otpor. Zatvorimo strujni krug i smanjujemo otpor promjenjivog otpornika. Promatramo što se događa sa magnetskom iglicom i što pokazuje galvanometar.

Što pokazuje galvanometar? Kako se mijenja otklon magnetske igle? Smanjenjem otpora galvanometar će pokazivati veću struju. Što je veća struja kroz galvanometar otklon magnetske iglice će biti veći.

Što možemo zaključiti? Kako magnetsko polje ravnog vodiča ovisi o jakosti struje? Magnetsko polje ravnog vodiča je jače što je jača struja koja njime prolazi.

Zajedno sa učenicima pokušavam konstruirati formulu za magnetsko polje ravnog vodiča.

$$B = \mu \frac{\boldsymbol{I}}{2\pi \boldsymbol{r}}$$

gdje I predstavlja jakost struje kroz vodič, r udaljenost točke u kojoj promatramo jakost magnetskog polja od vodiča, μ konstanta koju nazivamo apsolutna permeabilnost sredstva u kojem se vodič nalazi.
Apsolutnu permeabilnost sredstva računamo pomoću formule

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

gdje je μ_0 permeabilnost vakuma, a μ_r relativna permeabilnost sredstva u kojem se vodič nalazi i ovisi o samom sredstvu.

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} TmA^{-1}$$

Za relativnu permeabilnost zraka uzimati ćemo da je 1.

Na projektoru prikažem zadatke koje će učenici u paru rješavati, te nakon toga će ih jedan od učenika riješiti na ploči.

Zadatak 1.

Odredi smjer magnetskog polja s obzirom na smjer struje u vodiču!

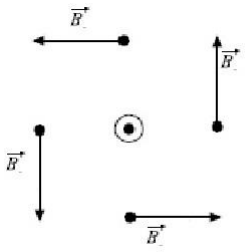
a) b)

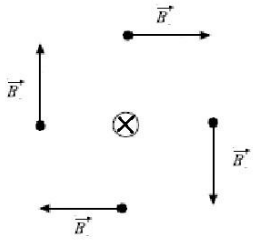




Rješenje:

a) b)





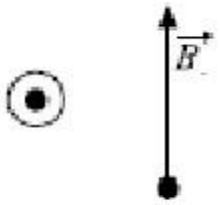
Zadatak 2.

Kroz dugačak ravni vodič teče struja jakosti 10A. Kolika je magnetska indukcija u točki koja je 20 cm udaljena od vodiča? Kojeg je smjera magnetsko polje (skiciraj)?

I = 10 A
r = 20 cm = 0,2 m
$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} TmA^{-1}$
$\mu_r(zraka) = 1$

_____

B = ?



Rješenje:

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r} = 4\pi * 10^{-7}\ TmA^{-1} \frac{10\ A}{2 * \pi * 0.2\ m} = 10^{-5}\ T$$

ZAVRŠNI DIO

Zadatak 3.

Kroz dvije paralelne ravne žice teče struja jednake jakosti, istog smjera.

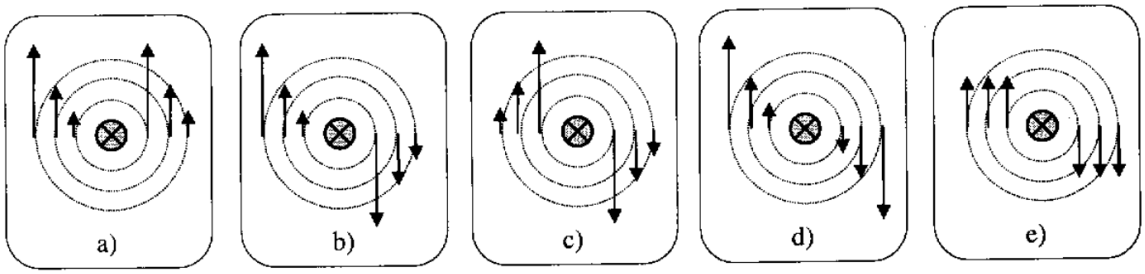
a) Kolika je vrijednost magnetske indukcije u točki na sredini udaljenosti između žica?
b) Jesu li iznosi magnetske indukcije magnetskog polja koje stvaraju jedna i druga žica jednaki?
c) U kojem su odnosu smjerovi magnetskog polja u toj točki? Istog ili suprotnog smjera?

Rješenje:

a) Nula.
b) Iznosi magnetskih polja su jednaki.
c) Smjerovi magnetskih polja su suprotni.

Zadatak 4.

Oko vrlo dugog ravnog vodiča kojim prolazi struja *I* javlja se magnetsko polje. Koji od crteža prikazuje magnetsko polje *B* (prikazano strelicama) takvog vodiča koji stoji okomito na ravninu ploče, pri čemu je smjer struje u ploču? [18]



Rješenje: c

PLAN PLOČE

Magnetsko polje ravnog vodiča kojim teče struja

$$B = \mu \frac{\boldsymbol{I}}{2\pi \boldsymbol{r}}$$

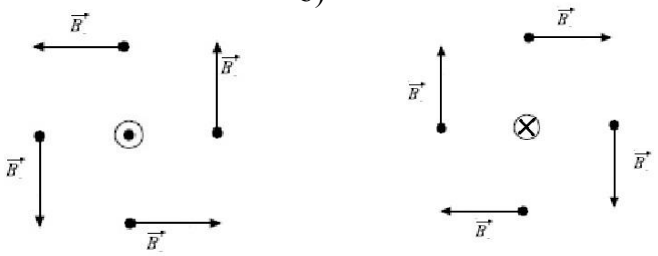
$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} T m A^{-1}$$

$$\mu_r(zraka) = 1$$

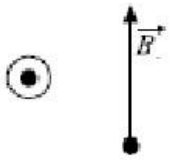
Zadatak 1.

a) b)



Zadatak 2.

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r}$$
$$= 4\pi * 10^{-7} T m A^{-1} \frac{10\ A}{2 * \pi * 0.2\ m}$$
$$= 10^{-5} T$$



6. Zaključak

Nastava usmjerena na učenika ne može se ostvariti u učionici u kojoj je sav namještaj i oprema usklađen (prilagođen) za rad nastavnika [7].

Fizika je eksperimentalna znanost. Fizičari promatraju pojave u prirodi, te pokušavaju prepoznati uzorke i definirati fizikalne zakone. U nastavi fizike pomoću pokusa nastavnici i učenici izazivaju prirodnu pojavu radi njenog opažanja, istraživanja i tumačenja. Pokus je izvor spoznaje i kao takav je neophodan u istraživački usmjerenoj nastavi fizike za konceptualno razumijevanje gradiva. Izvođenjem pokusa učenici spoznaju mnoštvo stvari koje utječu na njihovo shvaćanje svijeta koji ih okružuje. Ako učenici u adolescentskoj dobi samostalno shvate kako najjednostavnije stvari i pojave koje ih okružuju funkcioniraju, nastavnik je pružio holistički pristup njihovu obrazovanju.

Obrazovanje je vrlo važna stavka u životu svakog učenika i nastavnici bi trebali težiti tomu da obrazovanje čine zanimljivim i (uvjetno rečeno) lako shvatljivim u svrhu većeg interesa učenika. Svaki je učenik individualac koji ima svoj tempo učenja, shvaćanja i spoznavanja. Korištenjem postava pokusa koji su navedeni u radu, svakom se učeniku, uz primjereno vodstvo nastavnika omogućuje individualizirani pristup koji svaki učenik treba i zaslužuje.

Cilj ovog diplomskog rada je približiti nastavnicima samostalnu izradu postava pokusa i osvještavanje mogućnosti koje imaju tijekom izvođenja nastave. Sav materijal korišten za izradu pokusa je pristupačan za nabavu i financijski ne zahtjeva velike izdatke kao što je to prilikom kupovine gotovih postava pokusa. Izradnja većine postava nije vremenski zahtjevna.

Digitalizacijom škola otvoren je novi način poučavanja nastavnicima gdje već postoji mnoštvo metodički obrađenih materijala, ali jednako tako nastavnici mogu kreirati i svoje materijale. Ovaj diplomski rad je izrađen uz nadu da će upravo tako i djelovati na nastavnike te ih potaknuti na samostalnu izradu didaktičkih i ostalih materijala koje upotrebljavaju u izvođenju svoje nastave, a sve u svrhu cjelovitog učenja i pripreme za cjeloživotno obrazovanje.

7. Literatura

[1] A. Tufaile, T. A. Vanderelli, A. P. B. Tufaile "Light polarization using ferrofluids and magnetic fields", Advances in Condensed Matter Physics 2017, 2583717, 2017.

[2] Dave V, Mehta RV, Bhatnagar SP, Extinction of light by a Ferrocell and ferrofluid layers: A comparison, Optik (2020), doi: https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.164861

[3] R.V. Mehta, "Polarization dependent extinction coefficients of superparamagnetic colloids in transverse and longitudinal configurations of magnetic field" , Optical Materials, Optical Materials (2013), 1436–1442

[4] Emmanouil Markoulakis, Iraklis Rigakis, John Chatzakis, Antonios Konstantaras, Emmanuel Antonidakis, Real time visualization of dynamic magnetic fields with a nanomagnetic Ferrolens, Journal of Magnetism and Magnetic Materials (2018), 741–748

[5] E. Markoulakis, A. Konstantaras, E. Antonidakis, The Quantum Field Of A Magnet Shown By A Nanomagnetic Ferrolens, Journal of Magnetism and Magnetic Materials (2018), doi: https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2018.07.012

[6] F. A. Tourinho, R. Franck, R. Massart, Aqueous ferrofluids based on manganese and cobalt ferrites, J. Mat. Sci. 25 (1990) 3249

[7] Matijević M., Radovanović D., Nastava usmjerena na učenika, Školske novine, 2011.

[8] Bogdan L., Matijević M., Didaktika, II. izmjenjeno izdanje, Školska knjiga, 2002.

[9] Snyder, Michael & Frederick, Jonathan. (2008). Photonic Dipole Contours of Ferrofluid Hele-Shaw Cell

[10] Tufaile, Alberto & Vanderelli, Timm & Snyder, Michael & Tufaile, Adriana. (2019). Controlling light diffraction with magnetic nanostructures

[11] Liu, Wei & Miroshnichenko, Andrey & Kivshar, Yuri. (2013). Control of light scattering by nanoparticles with optically-induced magnetic responses. Chinese Physics B. 23. 10.1088/1674-1056/23/4/047806.

[12] Labor J., Fizika 2, udžbenik za drugi razred gimnazije, Alfa, Zagreb, 2004.

[13] Labor J., Fizika 2, priručnik za nastavnike, Alfa, Zagreb, 2004.

[14] Horvat D., Hrupec D., Fizika 2, pojmovi i koncepti, udžbenik s multimedijskim sadržajem za 2. razred gimnazija, Neodidacta, Zagreb, 2013.

[15] Svedružić A., Demonstracijski pokus u nastavi fizike, METODIKA:Vol. 9, br. 17 (2/2008), str. 337-344

[16] Paar V., Hrlec A., Sambolek M., Vadlja Rešetar K., Fizika oko nas 3, Školska knjiga, Zagreb, 2020.

[17] Andreis T., Plavčić M., Simić N., Fizika 2, Profil International, Zagreb, 2009.

[18] Nada Brković, Zbirka zadataka iz fizike I-II-III dio, LUK, Zagreb, 2001.

[19] Tot, D. (2010). 'UČENIČKE KOMPETENCIJE I SUVREMENA NASTAVA', Odgojne znanosti, 12(1 (19)), str. 65-78. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/59600 (Datum pristupa: 03.09.2020.)

[20] Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Fizike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, NN 10/2019

[21] Griffiths, D. J., Introduction to electrodynamics, Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall., 1999.

[22] Paar V., Šips V., Fizika 2, udžbenik za 2. razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga, 2001.

[23] Priručnik, dostupno na https://wiki.geogebra.org/hr/Priru%C4%8Dnik (kolovoz 2020.)

[24] Geogebra, Magnetsko polje ravnog vodiča, dostupno na https://www.geogebra.org/m/ayjdqrpb (kolovoz 2020.)

[25] Physlet Physics 3E , dostupno na https://www.compadre.org/Physlets/ (kolovoz 2020.)

[26] Illustration 27.2: Earth's Magnetic Field, dostupno na https://www.compadre.org/Physlets/electromagnetism/illustration27_2.cfm (kolovoz 2020.)

[27] Magnetsko polje električne struje, dostupno na https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/452e1469-e362-4711-abcb-6f535c3b5254/html/7582_Magnetsko_polje_elektricne_struje.html (rujan 2020.)