

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Fizyki Astronomii
i Informatyki Stosowanej

Ilona Klimek

Praca magisterska wykonana na kierunku fizyka

Doświadczenia z elektromagnetyzmu
w nauczaniu
w Liceum Ogólnokształcącym

Opiekun pracy dyplomowej
prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz
Zakład Dydaktyki Fizyki

Toruń 2009

Dziękuję mężowi, rodzicom i
teściom za pomoc i wsparcie oraz
prof. dr hab. inż. Grzegorzowi
Karwaszowi za pomoc w napisaniu
tej pracy.

UMK zastrzega sobie prawo własności niniejszej pracy magisterskiej (licencjackiej, inżynierskiej) w celu udostępniania dla potrzeb działalności naukowo-badawczej lub dydaktycznej

Spis treści

1. Wstęp	6
2. Prawa i reguły w elektromagnetyzmie	7
2.1 Podstawowe pojęcia w elektromagnetyzmie.....	7
2.2. Podstawowe prawa i reguły w elektromagnetyzmie	8
2.2.1. Prawo Faradaya	8
2.2.2. Reguła Lenza.....	10
2.2.3. Zjawisko samoindukcji	10
3. Doświadczenia z elektromagnetyzmu w nauczaniu w Liceum Ogólnokształcącym	12
3.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.....	12
3.1.1. Doświadczenie 1	12
3.1.2. Doświadczenie 2	13
3.2. Reguła Lenza.....	14
3.3. Siła elektrodynamiczna	15
3.4. Doświadczenie Oersteda	16
3.4.1. Wersja pionowa.....	16
3.4.2. Wersja pozioma.....	17
3.5. Pływające łódeczki	18
3.6. Badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków żelaza.....	18
3.7. Magnetyczne „żuczki”	19
3.8. Oddziaływanie magnesu na igły magnetyczne	19
3.9. Oddziaływania między dwoma magnesami	20
3.10. Badanie pola magnetycznego za pomocą pieczętek i „wykrywacza” pola magnetycznego.....	20
3.11. Tablica magnetyczna.....	21
3.12. Tor kulki w polu magnetycznym	22
3.13. Magnes zakręcający na równi pochyłej.....	22
3.14. Kolumienka magnesów – obwarzanków.....	23
3.15. Siła odpychania: magnesy sztabkowe „geomag” w rurce.....	24
3.16. Pomiar siły przyciągania za pomocą dynamometru.....	25
3.17. Transformator.....	26
3.17.1. Doświadczenie 1	26
3.17.2. Doświadczenie 2	27
3.18. Prądnicą	27

3.19. Latarka „dynamo”	28
3.20. Badanie pola magnetycznego za pomocą klocków magnetycznych i kulek „geomag”	29
3.21. Magnetyczny „pies na smyczy”	30
3.22. Elektromagnes	31
3.23. Leniwe wahadło	32
4. Konspekty lekcji z wykorzystaniem doświadczeń z elektromagnetyzmu	33
4.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.....	33
4.2. Siła elektromotoryczna indukcji.....	36
5. Podsumowanie	40
6. Literatura	41

1. Wstęp

Fizyka jest nauką przyrodniczą badającą zjawiska w niej zachodzące. Podstawami praw fizyki są doświadczenia i obserwacje. Wielcy fizycy poprzez doświadczenia zauważyli pewne prawidłowości i zależności istniejące w świecie, które opisali i nazwali prawami fizycznymi. W procesie nauczania fizyki doświadczenia odgrywają bardzo ważne miejsce. Uczniowie zobaczywszy eksperyment, łatwiej przyswajają treści teoretyczne oparte na nim. Ucząc fizyki, nauczyciel powinien demonstrować ich jak najwięcej, ponieważ młodzież szkolna „musi zobaczyć, aby uwierzyć”. Jestem nauczycielem fizyki i wiem, że czasami nie jest łatwo przeprowadzić szereg doświadczeń, ponieważ brakuje funduszy na pomoce dydaktyczne. W takiej sytuacji należy sobie radzić z pomocą przedmiotów codziennego użytku, co często stosuję w nauczaniu. W tej pracy opiszę niektóre doświadczenia z wykorzystaniem takich przedmiotów.

W większości opisywanych doświadczeń, wykorzystałam zdjęcia i animacje z projektu MOSEM - Teaching Physics in Secondary Schools. Projekt ten ma na celu poprawę efektywności nauczania poprzez wprowadzenie zróżnicowanych i wydajnych metod. Nowe metody polegać będą na wprowadzeniu tanich zestawów doświadczalnych do samodzielnej pracy uczniów, środków multimedialnych – podręcznika dla ucznia na CDROM i przewodnika wraz z zasobem narzędzi programowania dla nauczyciela oraz metod automatycznych pomiarów, sterowanych za pomocą komputera dla laboratoriów szkolnych.

Zanim jednak przejdę do opisu doświadczeń, przedstawię najważniejsze pojęcia, definicje, prawa i zasady w elektromagnetyzmie.

2. Prawa i reguły w elektromagnetyzmie

2.1. Podstawowe pojęcia w elektromagnetyzmie

„Pole elektryczne powstaje w otoczeniu ciała naładowanego względnie między ciałami mającymi ładunki elektryczne. Nazywa się tak przestrzeń, w której działają siły na każde ciało, obdarzone ładunkiem elektrycznym.”¹

„Prąd elektryczny to uporządkowany ruch nośników ładunku pod wpływem pola elektrycznego.”

„Natężeniem prądu elektrycznego nazywamy stosunek ładunku elektrycznego Δq przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika do czasu Δt w którym ten ładunek przepłynął

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1)$$

Jednostką natężenia prądu elektrycznego w układzie SI jest 1 amper : „ Jeden amper to natężenie prądu stałego płynącego przez dwa równoległe prostoliniowe przewodniki o nieskończonej długości i znikomym przekroju, umieszczone w próżni w odległości 1m od siebie, jeśli siła oddziaływania między przewodnikami wynosi $2 \cdot 10^{-7} \text{N}$ na jeden metr długości przewodu.”²

„Polem magnetycznym nazywamy własność przestrzeni polegającą na tym, że na znajdujące się w niej igły magnetyczne i poruszające się cząstki naładowane działają siły magnetyczne.”

¹ „Fizyka” Horst Kuchling, wyd. 2, Warszawa 1973, PWN

² „Fizyka i astronomia” część 2, podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, J.Blinowski, J.Gaj, A.Szymacha, W.Zielicz, WSIP, Warszawa 2003.

„Siłę działającą w polu magnetycznym na przewodnik, w którym płynie prąd, nazywamy siłą elektrodynamiczną:

$$\Delta F = I \Delta l B \sin \alpha \quad (2)$$

gdzie:

ΔF – wartość siły;

I – natężenie prądu;

Δl – długość przewodnika;

B – wartość indukcji pola magnetycznego;

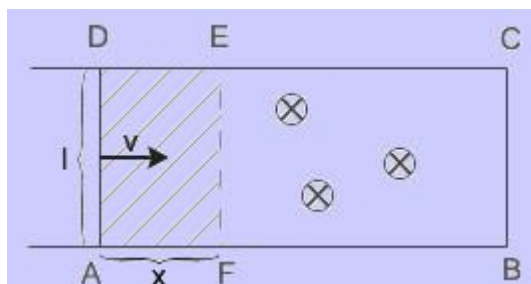
α – kąt pomiędzy cząstką naładowaną a liniami pola;

„Strumień pola magnetycznego – liczba linii pola magnetycznego przechodzących przez powierzchnię ograniczoną przez obwód.”⁴

2.2. Podstawowe prawa i reguły w elektromagnetyzmie

2.2.1. Prawo Faradaya

Prawo indukcji Faradaya można wyprowadzić z zasady zachowania energii, która mówi, że w układzie izolowanym suma energii jest stała. Poniższe wyprowadzenie będzie przeprowadzone na przykładzie szczególnego przypadku, lecz wynik będzie ogólny.



Rys. 1. Wyprowadzenie prawa indukcji elektromagnetycznej[15].

Zakładam, że w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji \vec{B} , w płaszczyźnie prostopadłej do linii indukcji umieszczone są dwa równoległe przewodniki odległe od siebie o

³ Wszystkie pozostałe definicje pochodzą z podręcznika dla szkół ponadgimnazjalnych „Fizyka” część 2, pod redakcją Jadwigi Salach, ZamKor, Kraków 2005

⁴ „Fizyka i astronomia”, elektryczność i magnetyzm, moduł 3, G.Francuz-Ornat, T.Kulawik, M.Nowotny-Różańska, Nowa Era, Warszawa 2000.

l i dołączono do nich galwanometr rejestrujący przepływ prądu (Rys. 1). Na przewodnikach tych leży, prostopadle do nich, przewodnik, który porusza się z prędkością v w prawo. W takim przypadku strumień magnetyczny przenikający przez powstały obwód zmniejsza się, więc w obwodzie indukuje się SEM i płynie prąd indukcyjny o natężeniu I . Na przewodnik z prądem znajdujący się w polu magnetycznym działa siła $F = BIl$, więc aby przewodnik przesunąć ruchem jednostajnym trzeba na niego zadziałać dodatkową siłą zewnętrzną $P(=Fv)$, wykonując przy tym pracę. Dla czasu Δt , w ciągu którego prostopadły przewodnik przesunie się o $\Delta x = v\Delta t$ praca wynosi:

$$\Delta W = P\Delta x = BIl\Delta x \quad (3)$$

Wielkość $l\Delta x = \Delta A$ jest powierzchnią zakreślona przez przesuwany się przewodnik, a więc jest zmianą powierzchni obejmowanej przez cały obwód. Wskutek zmiany tej powierzchni, zmieni się także strumień magnetyczny przenikający przez obwód, a zmiana ta wyniesie $\Delta\phi_B = B\Delta A$, tak że ostatecznie praca jest równa:

$$\Delta W = I\Delta\phi_B \quad (4)$$

Z drugiej strony, prąd płynący w obwodzie pod wpływem poszukiwanej SEM wykona także pracę równą $\Delta W' = -\varepsilon I\Delta t$. Minus we wzorze oznacza, że praca została wykonana przez układ przewodników. Korzystając z zasady zachowania energii, można stwierdzić, że praca wykonana przez siły zewnętrzne jest równa pracy prądu elektrycznego. Zatem:

$$I\Delta\phi_B = -\varepsilon I\Delta t \quad (5)$$

stąd:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} \quad (6)$$

a ogólniej:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (7)$$

W ten sposób otrzymałam prawo indukcji Faradaya, do którego on doszedł w inny sposób.

Na podstawie wyników swoich doświadczeń Faraday stwierdził, że najważniejszym czynnikiem jest zmiana strumienia ϕ_B indukcji magnetycznej. Strumień ten może być wywołany przez magnes sztabkowy lub przez obwód z prądem. Prawo indukcji Faradaya brzmi następująco: „Siła elektromotoryczna indukcji w obwodzie jest równa szybkości zmian strumienia magnetycznego”. Prawo to można przedstawić także w postaci równania:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (8)$$

Ta postać wzoru obowiązuje w układzie jednostek SI, w którym ε wyraża się w woltach, t w sekundach, a φ_B w weberach.⁵

2.2.2. Reguła Lenza

Reguła, która pozwala określić kierunek prądu indukcyjnego nazywa się regułą Lenza. Brzmi ona następująco: „Prąd indukcyjny ma taki kierunek, że jego własne pole magnetyczne przeciwdziała (przeszkadza) zmianie strumienia, która go wywołała”⁶. Znak minus w prawie Faradaya oznacza „przeciwstawianie się zmianom”. Reguła ta dotyczy prądów indukowanych, czyli odnosi się do obwodów zamkniętych. Gdy obwód jest otwarty, stosujemy regułę Lenza, rozważając, co by się stało, gdyby obwód był zamknięty.

2.2.3. Zjawisko samoindukcji

Indukowanie prądu może być spowodowane nie tylko zewnętrznym polem magnetycznym. Prąd płynący w obwodzie sam wytwarza pole magnetyczne. Jeżeli to pole będzie się zmieniało, przez obwód przenikać będzie strumień pola magnetycznego, który wywoła powstanie siły elektromotorycznej indukcji. Zjawiskiem samoindukcji jest więc „zjawisko powstawania SEM indukcji pod wpływem zmian pola magnetycznego wytworzonego przez prąd płynący w tym samym obwodzie”⁷. Ważnym elementem takiego obwodu jest cewka indukcyjna, gdyż w każdym jej zwoju indukuje się siła elektromotoryczna samoindukcji. Dla jednego zwoju w solenoidzie SEM samoindukcji wynosi:

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi_B}{dt} \quad (9)$$

Dla N zwojów SEM samoindukcji wynosi:

$$\varepsilon = -N\frac{d\varphi_B}{dt} \quad (10)$$

Wartość strumienia magnetycznego jest wprost proporcjonalna do natężenia prądu I :

$$N\varphi_B = LI \quad (11)$$

⁵ Ten podrozdział wykorzystałam z mojej pracy licencjackiej pt. „Proste doświadczenia dydaktyczne dotyczące prawa indukcji Faradaya”.

⁶ „Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych” pod redakcją Jadwigi Salach, ZamKor, Kraków 2005.

⁷ J. Blinowski, J. Gaj, A. Szymacha, W. Zieliński, „Fizyka i astronomia”, podręcznik dla gimnazjum, część 2, WSIP, Warszawa 2003.

Współczynnik proporcjonalności, czy inaczej współczynnik samoindukcji nosi nazwę indukcyjności i definiuje się ją następująco:

$$L \equiv \frac{N\varphi_B}{I} \quad (12)$$

Gdy zróżniczkujemy równanie (12) po czasie otrzymamy:

$$N \frac{d\varphi_B}{dt} = L \frac{dI}{dt} \quad (13)$$

Gdy porównamy to równanie z równaniem (11), otrzymamy SEM samoindukcji, która wynosi:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} \quad (14)$$

Jednostką indukcyjności L jest 1 henr:

$$1H = 1V \frac{s}{A}$$

Definicja 1 henra brzmi następująco: „Obwód ma indukcyjność 1 H, jeśli zmiana natężenia prądu 1 A w czasie 1 s indukuje siłę elektromotoryczną $\varepsilon = 1V$.”⁸⁹

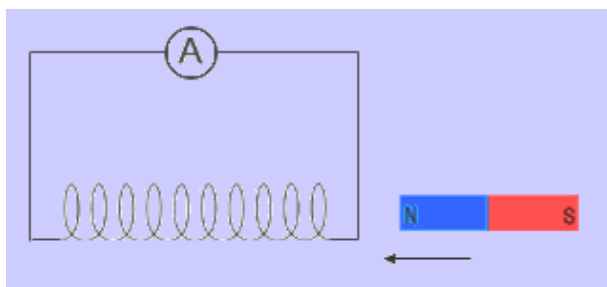
⁸ www.p.lodz.pl/k-32/dydakt/fiz-wykład_12

⁹ Ten podrozdział wykorzystałam z mojej pracy licencjackiej pt. „Proste doświadczenia dydaktyczne dotyczące prawa indukcji Faradaya”.

3. Doświadczenia z elektromagnetyzmu w nauczaniu w liceum ogólnokształcącym

3.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

3.1.1. Doświadczenie 1



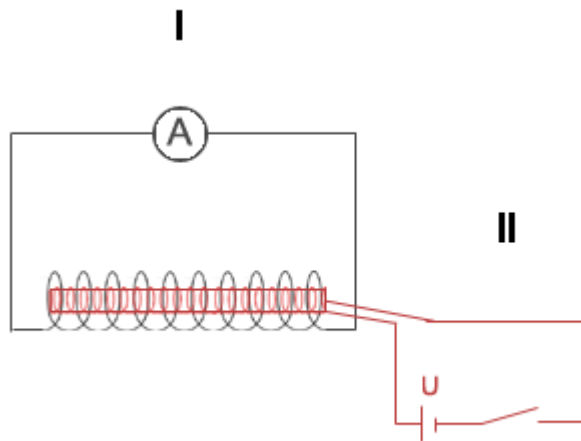
Rys. 2. Wzbudzenie prądu indukcyjnego poprzez wsuwanie magnesu do zwojnicy [15].

Doświadczenie polegające na wzbudzeniu prądu indukcyjnego poprzez wsuwanie i wysuwanie magnesu jest łatwe, a pokazuje istotę zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Do wykonania doświadczenia potrzebne są tylko: zwojnica, miliamperomierz, przewody i magnes sztabkowy.

Do zwojnicy podłączonej z miliamperomierzem wsuwamy magnes i wtedy obserwujemy ruch strzałki miliamperomierza. Podczas gdy magnes jest nieruchomy, wskazówka miliamperomierza także jest nieruchoma. Następnie, podczas wysuwania magnesu, wskazówka miliamperomierza znów się odchyła, jednakże w drugą stronę. Zgodnie z prawem indukcji Faradaya ruch magnesu indukuje prąd elektryczny i dlatego można obserwować wychylenia wskazówki miliamperomierza.

3.1.2. Doświadczenie 2



Rys. 3. Wzbudzanie prądu indukcyjnego podczas zamykania i otwierania obwodu [15].

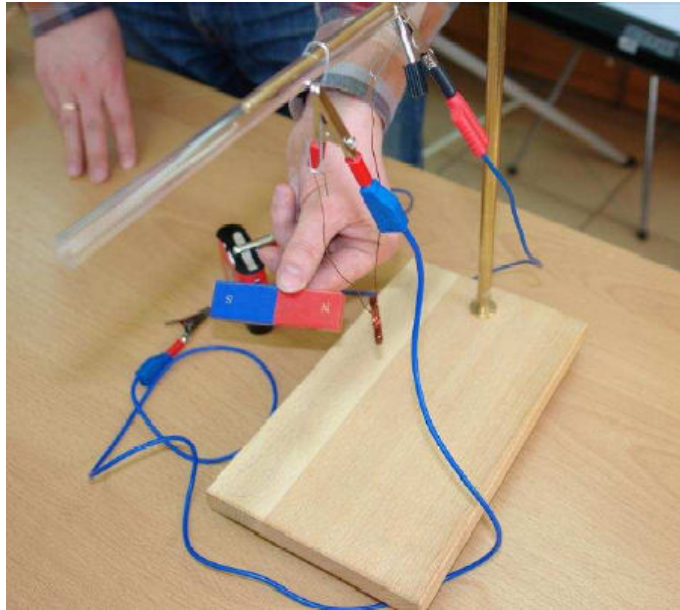
W tym doświadczeniu można także zaobserwować zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

Do jego demonstracji potrzebne są: przewody, amperomierz, zwojnica, źródło prądu stałego, włącznik.

Należy zbudować dwa obwody tak jak to widać na rysunku 3. Zamykanie i otwieranie obwodu II poprzez włącznik powoduje krótki przepływ prądu zmiennego przez obwód I. Ten zmienny prąd indukuje zmienne pole magnetyczne, które przenika przez obwód I i wzbudza w nim prąd indukcyjny. Można zauważyć, że wskazówka amperomierza się odchyła w momencie otwierania i zamykania obwodu. Gdy obwód jest zamknięty i płynie w nim prąd stały lub gdy obwód jest otwarty, wskazówka amperomierza nie odchyła się.

Te doświadczenia doprowadziły Faradaya do odkrycia zjawiska indukcji elektromagnetycznej. Uważam więc, że są bardzo ważne i należy je przypominać uczniom na każdym etapie nauczania fizyki.

3.2. Reguła Lenza

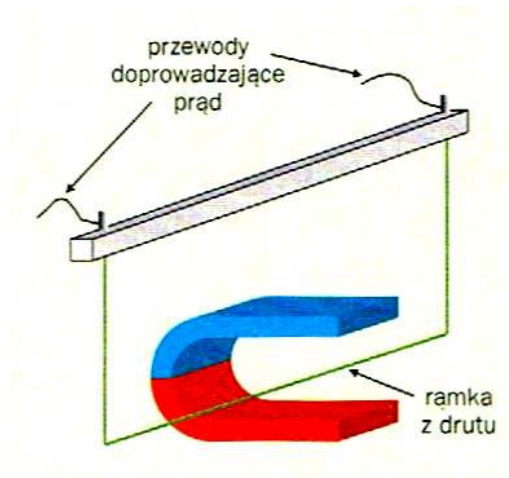


Rys. 4. Doświadczenie dotyczące reguły Lenza z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Do wykonania doświadczenia potrzebne są następujące środki dydaktyczne: statyw, mosiężna podpora do statywu, rurka z pleksi, magnes sztabkowy, spinacze, bateria, krokodylki, kable, zwojnica. Zwojnicę można wykonać samemu zwijając z drutu kilka zwojów, które utworzą pierścień.

Zwojnicę zawieszamy na statywie za pomocą dwóch spinaczy i dwóch uchwytów zaciskowych. Następnie umieszczamy blisko zwojnicy magnes sztabkowy i łączymy obwód elektryczny z baterią. W tym momencie obserwujemy, jak zwojnica jest odpychana lub przyciągana przez magnes w zależności od kierunku przepływu prądu. Zwojnica, przez którą płynie prąd powoduje powstanie pola magnetycznego i zachowuje się jak magnes sztabkowy. Pola magnetyczne magnesu i zwojnicy oddziałują ze sobą, czyli przyciągają się lub odpychają. W ten dość prosty sposób można pokazać uczniom na czym polega reguła Lenza.

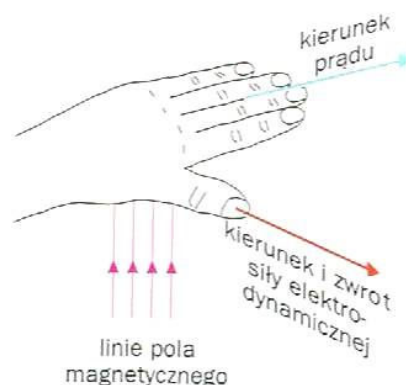
3.3. Siła elektrodynamiczna



Rys. 5. Ustawienie przedmiotów do pokazu siły elektrodynamicznej [9].

Przedmioty wykorzystane w doświadczeniu to przewody doprowadzające prąd, lekka ramka z drutu, magnes podkowiasty.

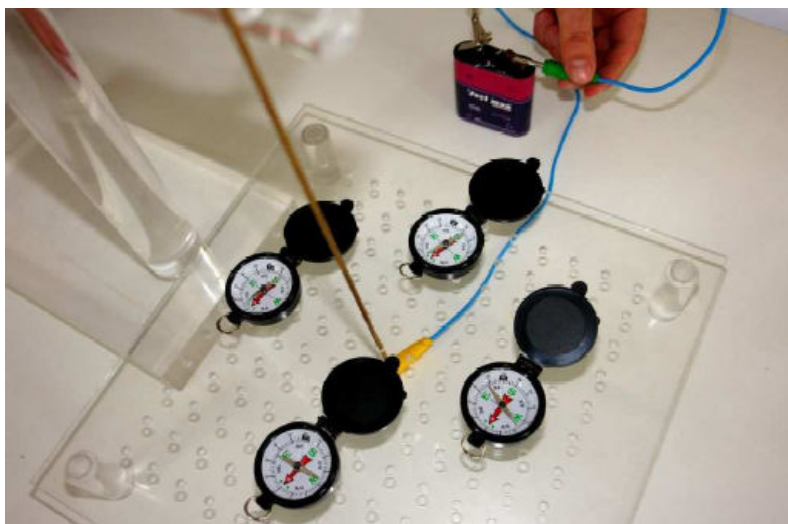
Mocujemy ramkę z drutu tak, by możliwe było jej swobodne wychylenie. Następnie doprowadzamy do niej prąd elektryczny i umieszczamy magnes podkowiasty tak jak na rysunku. Można później zmienić kierunek prądu oraz bieguny magnesu. Gdy doprowadzany jest prąd do ramki następuje jej wychylenie raz w jedną raz w drugą stronę w zależności od tego w jakim kierunku płynie prąd oraz w jakim położeniu są bieguny magnesu. Kiedy przewodnik, w którym płynie prąd, ustawiony jest prostopadłe do linii pola magnetycznego, następuje działanie siły elektrodynamicznej zgodnie z regułą lewej dłoni. Sposób jej stosowania przedstawia poniższy rysunek.



Rys. 6. Reguła lewej dłoni [9].

3.4. Doświadczenie Oersteda

3.4.1. Wersja pionowa



Rys. 7. Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środki dydaktyczne użyte w tym doświadczeniu to: przewód, 4 kompasy, bateria, przewody, statyw, stolik z pleksi z krótkimi nogami.

Przez środek blatu ustawionego poziomo przeprowadzamy prostopadle długi przewód z prądem, który łączymy z obwodem. Na blacie umieszczamy 4 kompasy. Gdy obwód jest otwarty kompasy wskazują kierunek północ-południe. W momencie kiedy zamkniemy obwód i popłynie prąd elektryczny, igły w kompasach zaczynają się obracać.

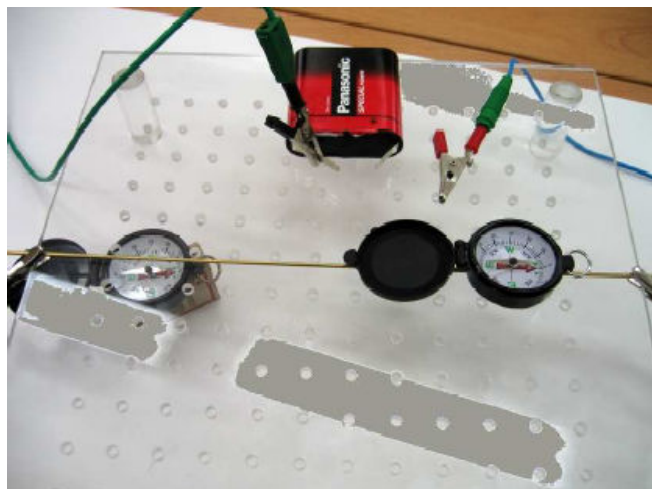
Doświadczenie to pokazuje, że wokół przewodnika z prądem istnieje pole magnetyczne, którego linie są współśrodkowymi okręgami. Ampere wykazał, że natężenie pola magnetycznego maleje wraz ze wzrostem odległości od przewodu i jest ono proporcjonalne do natężenia prądu:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (15)$$

gdzie μ_0 to przenikalność magnetyczna próżni. Jest to ogólny wzór opisujący prawo Ampere'a dla przewodnika prostoliniowego. Kiedy prąd płynie w dwóch przewodach w tym samym kierunku, to natężenie pola jest sumą natężeń pól. Gdy prąd w dwóch przewodach płynie w przeciwnych kierunkach, to natężenie pola jest równe zero.

W doświadczeniu tym zamiast kompasów można użyć opiłków żelaza. Gdy przez przewód płynie prąd opiłki ustawiają się w okręgi otaczające przewód.

3.4.2. Wersja pozioma



Rys. 8. Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Do wykonania tego doświadczenia potrzebne są: przewód z mosiądzu, bateria, kable, krokodylki, blat z pleksi z krótkimi nogami, 2 kompasy.

Kładziemy przewód na blacie z pleksi i umieszczamy kompasy nad i pod przewodem. Przewodnik jest równoległy do kierunku północ-południe, który wyznaczyły kompasy. Łączymy przewód z baterią za pomocą kabli i krokodylków. Gdy przez obwód płynie prąd elektryczny, igły kompasu obracają się, aż znajdą się w położeniu prostopadłym do przewodnika. Kierunek wskazywany przez kompas nad przewodem jest przeciwny do kierunku wskazywanego przez kompas pod przewodem. Kiedy zmienimy kierunek przepływu prądu elektrycznego, to także zmienią się położenia igieł w kompasach na przeciwne.

To doświadczenie pokazuje, iż pole magnetyczne istnieje nad i pod przewodem z prądem. Jego kierunek zmienia się pod wpływem zmiany kierunku prądu.

Zjawisko to w 1820 r. pokazał i wyjaśnił doświadczalnie Oersted.

3.5. Pływające łódeczki



Rys. 9. Pływające łódeczki z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Przedmioty wykorzystane do tego doświadczenia to: dwa magnesy typu „geomag”, styropianowe łódeczki, miska z wodą.

Kładziemy magnesy na styropianowe łódeczki, a następnie delikatnie umieszczamy je na wodzie w pewnej odległości od siebie. Po chwili zauważamy, że łódeczki się przyciągają aż do momentu zetknięcia się ze sobą. Jeżeli magnesy ułożone są na wodzie biegunami przeciwnymi to łódki przyciągają się od razu, a jeśli biegunami jednoimiennymi to najpierw jedna łódka obróci się o 180° , a następnie nastąpi przyciąganie. To doświadczenie pokazuje, że między dwoma magnesami działa siła magnetyczna. Można zauważyć, że magnesy zbliżone biegunami jednoimiennymi odpychają się, a różnoimiennymi przyciągają się.

3.6. Badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków żelaza



Rys. 10. Pole magnetyczne magnesu z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środki dydaktyczne wykorzystane w tym doświadczeniu to: opiłki żelaza, magnes, pudełko po płycie CD.

Pudełko po płycie CD napełniamy opiłkami żelaza. Na pudełko kładziemy magnes i obserwujemy linie pola magnetycznego magnesu. Gdy poruszamy magnesem, opiłki podążają

za nim. Działa na nie siła przyciągania magnetycznego. Magnes powoduje, że opiłki żelaza stają się małymi magnesami. W każdym opiłku indukują się dwa bieguny magnetyczne: bliżej magnesu biegun przeciwny, dalej – tego samego znaku. Opiłki tworzą ładne linie, ponieważ powstaje łańcuch wzajemnie przyciągających się magnesów.

3.7. Magnetyczne „żuczki”

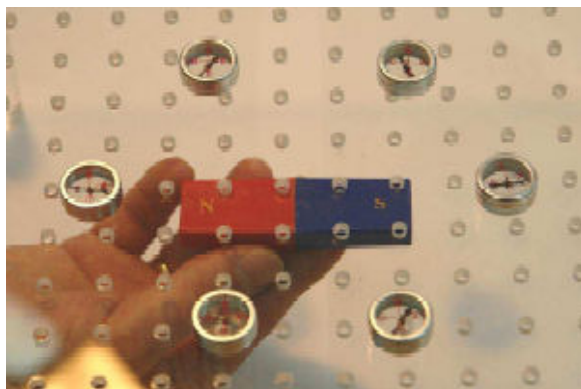


Rys. 11. Magnetyczne „żuczki” z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Bierzemy dwa magnetyczne „żuczki”, zbliżamy je do siebie tak by się nie dotykały i podrzucamy w górę. Podczas wyrzutu w górę „żuczki” na przemian odpychają się i przyciągają. Poruszają się tak, dopóki nie spadną.

Trzymamy magnetyczne „żuczki” w palcach: jednego w jednej dłoni, drugiego w drugiej. W zależności od wzajemnego położenia „żuczki” przyciągają się, bądź odpychają, a więc posiadają one dwa rodzaje biegunów magnetycznych. Te bieguny są wewnątrz „żuczków”, a nie jak w magnesach sztabkowych, na ich wierzchołkach.

3.8. Oddziaływania magnesu na igły magnetyczne



Rys. 12. Oddziaływanie magnesu na igły magnetyczne z zestawu doświadczalnego MOSEM

Do wykonania doświadczenia potrzebne są igły magnetyczne, magnes sztabkowy, stolik z pleksi.

Na stoliku układamy kilka igieł magnetycznych. Wszystkie wskazują północny biegun geograficzny. Po położeniu magnesu na stolik wszystkie igły magnetyczne ułożone są pod innym kątem i wskazują południowy biegun magnesu. Gdy obracamy magnes, igły magnetyczne także obracają się i podążają w kierunku południowego bieguna magnesu. Ruch igieł świadczy o tym, że magnesy wytwarzają pole magnetyczne.

3.9. Oddziaływania między dwoma magnesami



Rys. 13. Magnesy sztabkowe z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środkami dydaktycznymi w tym doświadczeniu są dwa magnesy sztabkowe.

Bierzemy dwa magnesy i zbliżamy je do siebie ładunkami różnoimiennymi. Zauważamy, że magnesy się przyciągają. Następnie obracamy jeden magnes tak, by były do siebie skierowane ładunkami jednoimiennymi. Zbliżamy je do siebie i zauważamy, że się odpychają. Siły jakie działają między magnesami to siły magnetyczne. W zależności od odległości magnesów od siebie siły te mają różną wartość. Mają one właściwości przyciągające lub odpychające.

3.10. Badanie pola magnetycznego za pomocą magnetycznych pieczętek i „wykrywacza” pola magnetycznego



Rys. 14. Magnetyczna pieczętka i „wykrywacz” pola magnetycznego.

Do tego doświadczenia potrzebne są: magnetyczne pieczętki o różnych kształtach, wykrywacz pola magnetycznego.

Przykładamy magnetyczną pieczętkę do wykrywacza, a następnie zdejmujemy ją. Możemy zauważyć, że na wykrywaczu są miejsca jaśniejsze i ciemniejsze. Wykrywacz pola magnetycznego służy do znalezienia biegunów magnetycznych oraz poznania ich ilości. Przestrzeń pomiędzy biegunami ma odcień jaśniejszy, a odcień ciemny wskazuje na istnienie biegunów. Niektóre pieczętki zostawiają więcej ciemnych śladów. Oznacza to, że są one zbudowane z większej ilości magnesów.

3.11. Tablica magnetyczna

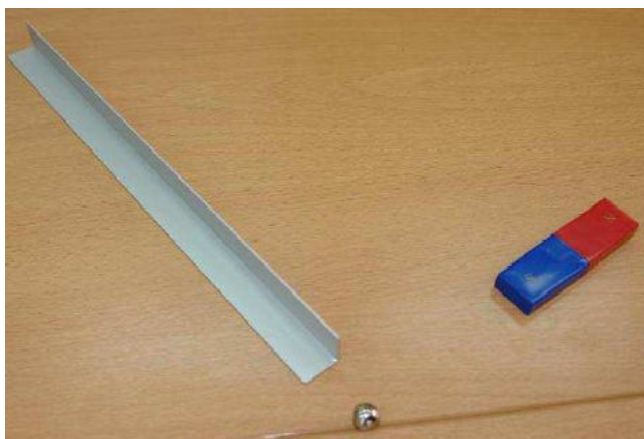


Rys. 15. Tablica magnetyczna.

Przedmioty wykorzystane w tym doświadczeniu to: tablica magnetyczna ze sklepu z zabawkami, pieczętki magnetyczne, magnes sztabkowy.

Przykładamy różne pieczętki do tablicy magnetycznej i zdejmujemy je. Obserwujemy różne kształty na tablicy. Powstanie tych kształtów spowodowane jest budową tablicy. Pod zewnętrzną stroną tablicy znajdują się mikro-opiłki z żelaza. Gdy przykładamy pieczętki, opiłki zostają przyciągane i tworzą się na tablicy kształty pieczętek.

3.12. Tor kulki w polu magnetycznym



Rys. 16. Tor kulki w polu magnetycznym z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Do wykonania tego doświadczenia potrzebne są: magnes sztabkowy, kulka stalowa, rynienka.

Ustawiamy rynienkę pod lekkim skosem tak, aby jeden jej koniec był lekko uniesiony. Umieszczamy kulkę na końcu rynienki i puszczamy ją. Obserwujemy, że kulka porusza się prostoliniowo. Następnie przybliżamy magnes tak jak na rysunku i ponownie puszczamy kulkę. Zauważamy, że teraz kulka nie poruszała się prostoliniowo, lecz po wyjściu z rynienki zaczyna skręcać. Powodem tego jest działanie na kulkę siły magnetycznej. Magnes oddziałuje na kulkę i powoduje, że kulka zaczyna skręcać w kierunku magnesu.

3.13. Magnes zakręcający na równi pochyłej



Rys. 17. Magnes zakręcający na równi pochyłej z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Materiały potrzebne do wykonania tego doświadczenia to równia pochyła i magnes cylindryczny.

Kładziemy magnes na górze równi pochyłej i puścamy go. Magnes nie porusza się w dół po linii prostej, lecz skręca – jego tor jest krzywoliniowy. Dzieje się tak dlatego, że na magnes działają dwie siły: siła grawitacji i siła magnetyczna pochodząca z „wnętrza Ziemi”. Pole magnetyczne magnesu oddziałuje z polem magnetycznym Ziemi. Siła magnetyczna Ziemi powoduje zakrzywienie toru ruchu magnesu.

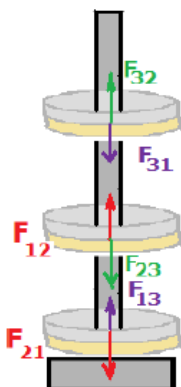
3.14. Kolumnienka magnesów – obwarzanków



Rys. 18. Magnesy – obwarzanki z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środki dydaktyczne użyte w tym doświadczeniu to: kolumnienka magnesów – obwarzanków i linijka.

Nakładamy na kolumienkę dwa magnesy-obwarzanki tak, by były skierowane do siebie biegunami jednoimiennymi. Zauważamy że powstaje przerwa między magnesami, ponieważ bieguny jednoimienne się odpychają. Mierzymy odległość między magnesami. Następnie nakładamy trzeci magnes i mierzymy odległości między pierwszym i drugim oraz między drugim i trzecim magnesem. Dokładamy czwarty magnes i powtarzamy mierzenie odległości. Zauważamy że te odległości w trzech pomiarach różniły się. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki Newtona stwierdzamy, że magnesy odpychają się siłami o tych samych wartościach. Po dołożeniu trzeciego magnesu pojawiają się nowe siły. Między pierwszy i drugim oraz drugim i trzecim magnesem następuje odpychanie, lecz między pierwszym i trzecim – przyciąganie. W związku z działaniem tych sił odległość między pierwszym i drugim magnesem zmalała, co widać na rysunku. Ponieważ, jeżeli nad magnesem wisi tylko jeden magnes, to jest on odpychany w górę siłą równą jego ciężarowi. Jeśli nad dolnym magnesem wiszą dwa magnesy, wtedy ciężar jest dwukrotnie większy i siła odpychająca także jest dwukrotnie większa. Dwa razy większa siła odpychająca następuje wtedy, gdy magnesy są bliżej siebie. Graficzny rozkład sił obrazuje poniższy rysunek.



Rys. 19. Graficzny rozkład sił w kolumience magnesów – obwarzanków [15].

3.15. Siła odpychania: magnesy sztabkowe „geomag” w rurce



Rys. 20. Odpychanie magnesów sztabkowych z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Do wykonania tego doświadczenia należy użyć następujących przedmiotów: linijka, rurka plastikowa, dwa magnetyczne patyczki.

Ustawiamy rurkę pionowo i opieramy o stół. Wrzucamy jeden magnetyczny patyczek, a następnie drugi tak, by skierowane były do siebie biegunami jednoimiennymi. Mierzmy odległość między nimi. Magnetyczna siła odpychania zależy od odległości między magnesami. Można byłoby ogólnie ją porównać z oddziaływaniem ładunków elektrycznych. Siła Coulomba dla biegunów magnetycznych przyjęłaby wtedy postać:

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (16)$$

gdzie:

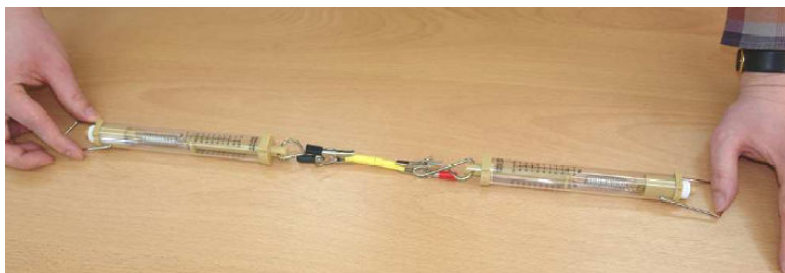
m_1, m_2 – magnetyzacja;

r – odległość między magnesami,

k – współczynnik proporcjonalności.

Siła odpychania jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między patyczkami. Widać więc, że im mniejsza będzie odległość między nimi, tym większa będzie siła magnetycznego odpychania.

3.16. Pomiar siły przyciągania za pomocą dynamometru



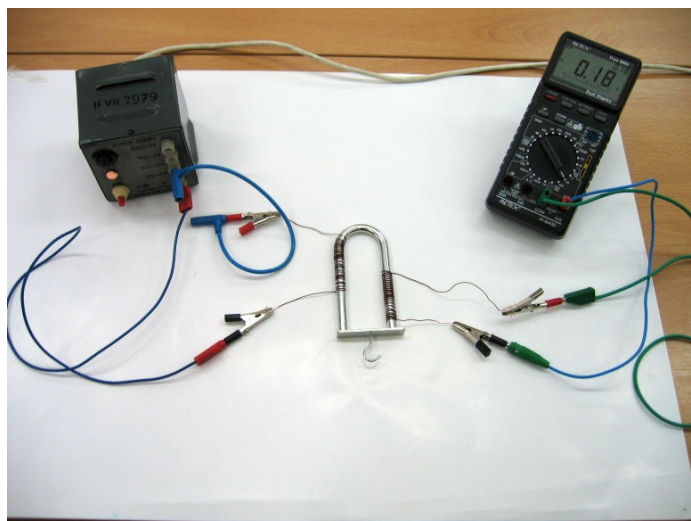
Rys. 21. Siła przyciągania badana dynamometrem z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środki dydaktyczne użyte do wykonania doświadczenia to: dwa dynamometry, dwa połączenia krokodylowe, dwa magnetyczne patyczki „geomag”.

Patyczki magnetyczne zbliżamy do siebie biegunami różnoimiennymi i łączymy je z dynamometrem tak jak na rysunku. Następnie odczytujemy wartość siły magnetycznej patyczków z dynamometrów. Zauważamy, że wartości na obu dynamometrach są takie same. Zgodnie z trzecią zasadą dynamiki Newtona, jeżeli jedno ciało oddziałuje na pierwsze, to pierwsze oddziałuje na drugie z taką samą siłą.

3.17. Transformator

3.17.1. Doświadczenie 1



Rys. 22. Transformator z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Przedmioty wykorzystane w doświadczeniu: żelazny rdzeń, dwie zwojnice, przewody, źródło prądu, odbiornik.

Transformator składa się z żelaznego rdzenia i dwóch zwojnic nawiniętych na ten rdzeń. Pierwsza zwojnica połączona jest ze źródłem prądu zmiennego i stanowi ona pierwotne uzwojenie transformatora. Druga zaś jest połączona z dowolnym odbiornikiem energii elektrycznej np. woltomierzem jak na rysunku i jest to wtórne uzwojenie transformatora. Prąd zmienny płynący w uzwojeniu pierwotnym wytwarza zmienne pole magnetyczne. Dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej zmienne pole magnetyczne rdzenia wzbudza prąd indukcyjny we wtórnym uzwojeniu.

Transformator służy do obniżania lub podwyższania napięcia przepływającego prądu elektrycznego zgodnie ze wzorem:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (17)$$

gdzie:

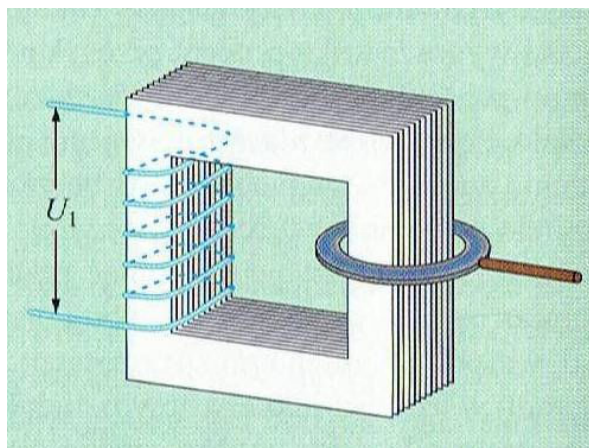
V_1 - napięcie w uzwojeniu pierwotnym;

N_1 - ilość zwojów w uzwojeniu pierwotnym;

V_2 - napięcie w uzwojeniu wtórnym;

N_2 - ilość zwojów w uzwojeniu wtórnym;

3.17.2. Doświadczenie 2



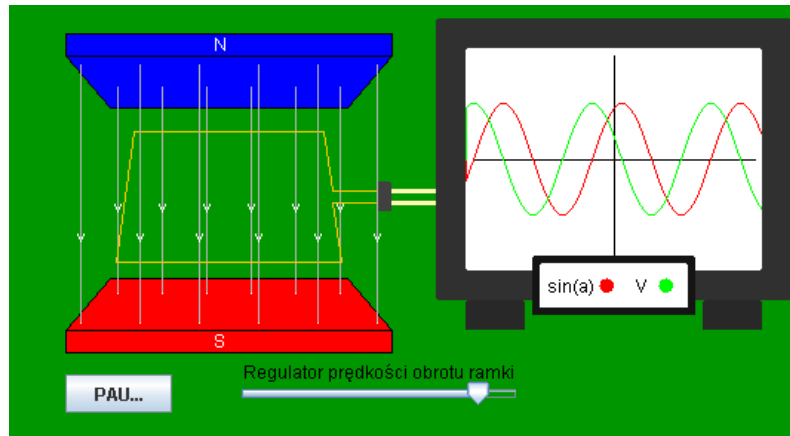
Rys. 23. Schemat doświadczenia [2].

Do wykonania doświadczenia potrzebne są: żelazny rdzeń, zwojnica, rynienka.

Do uzwojenia pierwotnego doprowadzamy prąd, a w rynienkę stanowiącą uzwojenie wtórne wlewamy wodę. Po podłączeniu uzwojenia pierwotnego transformatora do prądu w

rynienice woda zaczyna wrzeć. W rynienice pełniącą rolę uzwojenia wtórnego wydziela się bardzo duża ilość energii cieplnej i dlatego obserwujemy wrzenie wody w rynienice.

3.18. Prądnica



Rys. 24. Zdjęcie animacji działania prądnicy wykonanej dla programu MOSEM.

Prądnica to urządzenie, które przetwarza pracę mechaniczną na energię elektryczną. Pomiędzy biegunami magnesu znajduje się ramka z drutu obracająca się wokół osi poziomej. Końce ramki połączone są z odizolowanymi od siebie pierścieniami, do których przylegają szczotki zbierające wytworzony prąd. Od szczotek odchodzą przewody elektryczne, które mogą być połączone z dowolnym odbiornikiem prądu. Ramkę obracamy wykonując pracę mechaniczną. Jej obrót powoduje zmianę strumienia pola magnetycznego i dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej powstaje siła elektromotoryczna, czyli napięcie między szczotkami. Prąd indukcyjny uzyskany w prądnicie jest prądem przemiennym.

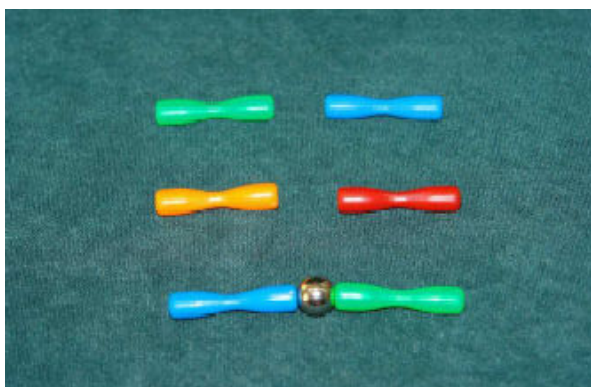
3.19. Latarka „dynamo”



Rys. 25.Latarka „dynamo”

Latarka ta działa na zasadzie małej prądnicy. Znajduje się w niej magnes trwały oraz uzwojenie i przewody elektryczne. Podczas naciskania ręczki widoczne koła obracają się. Ich obrót powoduje powstanie zmiennego pola magnetycznego, które indukuje prąd elektryczny. Prąd płynie przewodami do żarówek i lampka zaczyna świecić. Gdy nie naciskamy ręczki lampka nie świeci, ponieważ nie płynie prąd. Są już latarki „dynamo”, których nie trzeba cały czas napędzać. Mają w sobie małe akumulatory, które magazynują wytworzony prąd.

3.20. Badanie pola magnetycznego za pomocą klocków magnetycznych i kulek „geomag”



Rys. 26. Magnetyczne pręciki i kulka z zestawu doświadczalnego MOSEM.

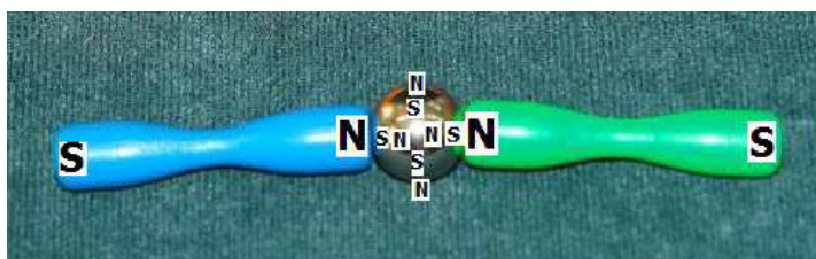
Materiały potrzebne do wykonania tego doświadczenia to pręciki magnetyczne i mała kulka.

Między pręciki ułożone do siebie biegunami różnoimiennymi wkładamy kulkę. Obserwujemy, że kulka połączyła dwa pręciki. Kulka jest zbudowana ze stali, a więc materiału ferromagnetycznego. W kulce indukuje się pole magnetyczne w następujący sposób: od strony pręcika ustawionego biegunem północnym indukuje się biegun południowy, a od strony pręcika ustawionego biegunem południowym indukuje się biegun północny. W wyniku wzajemnych oddziaływań kulki i pręcików w kulce indukowany jest dipol magnetyczny.



Rys. 27. Pręciki magnetyczne zbliżone biegunami różnoimiennymi oraz indukowane pole magnetyczne w kulce.

Następnie układamy pręciki biegunami jednoimiennymi względem siebie i wkładamy między nie kulkę. Obserwujemy to samo zjawisko. Kulka znów jest przyciągana przez pręciki. Poniższy rysunek przedstawia, co się dzieje z polem magnetycznym w kulce.



Rys. 28. Pręciki magnetyczne zbliżone biegunami jednoimiennymi oraz indukowane pole magnetyczne w kulce.

Pole magnetyczne wytworzone w kulce przypomina kształtem „latający dysk”. Bieguny północne leżą na całym poziomym brzegu dysku, a bieguny południowe wychodzą z góry i dołu dysku. Taką konfigurację pola magnetycznego nazywa się „kwadrupolem” magnetycznym.

3.21. Magnetyczny „pies na smyczy”

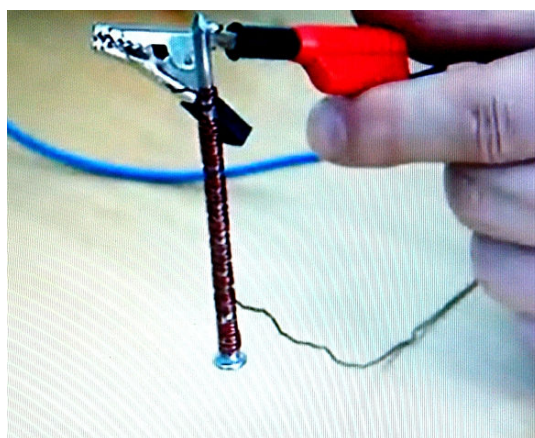


Rys. 29. Magnetyczny „pies na smyczy” z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Środki dydaktyczne wykorzystane w tym doświadczeniu to dwa silne magnesy, płytkę z żelaza, statyw, sznurek.

Mocujemy płytkę do statywu tak jak na zdjęciu i kładziemy na płytkę jeden z magnesów. Drugi magnes wkładamy do woreczka i zawiązujemy go sznurkiem. Przysuwamy magnes w worku do magnesu na płytce i próbujemy poruszać sznurkiem. Następnie odwracamy magnes na sznurku i ponownie zbliżamy do magnesu na płytce. Zauważamy, że raz magnesy się przyciągały a raz odpychały. Jest to kolejny dowód na to, iż między magnesami istnieje siła magnetyczna.

3.22. Elektromagnes



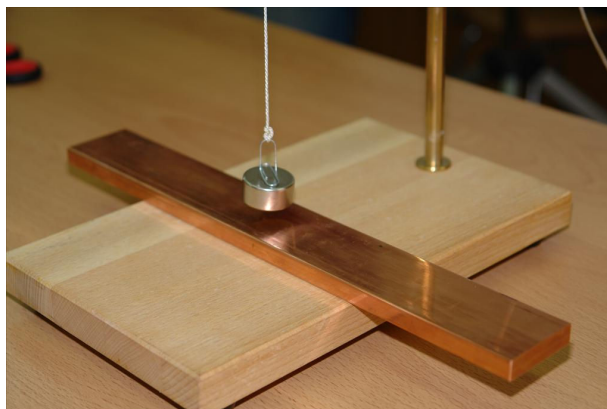
Rys. 30. Najprostsz y elektromagnes.

Najprostszy elektromagnes składa się ze stalowego gwoźdźca i nawiniętego na ten gwoździe drutu.

Końce gwoźdźca łączymy kabelkami z baterią. Na stoliku rozsypujemy metalowe szpileczki. Przybliżamy do nich nasz elektromagnes. Zauważamy, że szpileczki zostały przyciągnięte przez gwoździe. Następnie przerywamy obwód i obserwujemy, że szpileczki odpadły od gwoźdźca.

Elektromagnes działa jak magnes, lecz jego działanie jest mocniejsze. Umieszczenie gwoźdźca w zwojnicy zbudowanej z drutu powoduje uporządkowanie domen magnetycznych w gwoździu zgodnie z biegunowością zwojnicy. To powoduje wzmocnienie działania zwojnicy. Elektromagnesy mają szerokie zastosowanie w technice, medycynie oraz innych dziedzinach techniki.

3.23. Leniwe wahadło



Rys. 31. Leniwe wahadło z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Do wykonania tego doświadczenia potrzebne są: statyw, sznurek, płyta miedziana, magnes.

Magnes zawieszamy na sznurku i mocujemy do statywu. Na dole statywu kładziemy płytę miedzianą tak jak na zdjęciu. Bierzemy zbudowane wahadło i pobudzamy je do drgań. Po wychyleniu wahadła z położenia równowagi puścimy je. Obserwujemy, że wahadło się zatrzymało w początkowym położeniu. Płyta miedziana jest ferromagnetykiem i posiada domeny magnetyczne. Pole magnetyczne magnesu zaczęło oddziaływać z polem magnetycznym płytki i nastąpiło przyciąganie płytki z magnesem. Dlatego magnes się zatrzymał.

4. Konspekty lekcji z wykorzystaniem doświadczeń z elektromagnetyzmu

4.1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

1. Klasa: II

2. Temat: Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

3. Baza tematyczna:

Uczeń:

- wie, co to jest pole magnetyczne;
- zna doświadczenie Oersteda i potrafi wysnuć z niego wnioski;
- potrafi zastosować regułę prawej dłoni i śruby prawoskrętnej;
- wie, co to jest siła elektrodynamiczna i od czego zależy;
- zna budowę, działanie i zastosowanie elektromagnesu;

- potrafi opisać zasadę działania silnika prądu stałego;

4. Cele lekcji:

Ogólne: Poznanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Operacyjne:

Uczeń:

- potrafi opisać zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- zna regułę Lenza;
- wie, co to jest prąd indukcyjny;
- wie, kto odkrył zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- zna doświadczenie Faradaya;

5. Metody:

- podająca: dialog z uczniami;
- praktyczna: doświadczenia;

6. Formy pracy:

- zbiorowa;

7. Środki dydaktyczne:

- tablica;
- kreda;
- zwojnica;
- galwanometr lub miliamperomierz;
- magnes;
- drut aluminiowy;
- drążek;

8. Przebieg lekcji:

I. CZĘŚĆ WPROWADZAJĄCA

N: Sprawdza obecność.

N: Pyta uczniów z wiadomości poznanych na poprzednich lekcjach: „Co to jest pole magnetyczne?”

U: Odpowiada: „ Jest to własność przestrzeni polegająca na tym, że na umieszczony w niej magnes lub ładunek elektryczny działają siły magnetyczne.”

N: „Co wynika z doświadczenia Oersteda?”

U: „Wokół przewodnika, przez który płynie prąd, istnieje pole magnetyczne.”

N: „Co to jest elektromagnes?”

U: „Jest to zwojnica z umieszczonym wewnątrz niej rdzeniem ze stali miękkiej.”

N: „Czym jest siła elektrodynamiczna?”

U: „To siła, która działa na przewodnik, przez który płynie prąd, umieszczony w polu magnetycznym.”

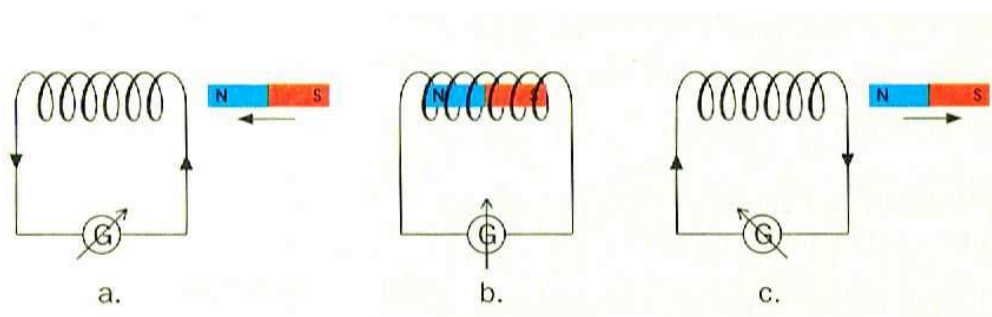
II. CZĘŚĆ POSTĘPUJĄCA

N: Podaje temat lekcji.

U: Notują temat.

N: Przypomina uczniom doświadczenia poznane już w gimnazjum na temat wzbudzania prądu indukcyjnego:

Doświadczenie 1.



Rys. 32. Wychylenia wskazówki galwanometru podczas przesuwania magnesu [9].

Przedmioty wykorzystane w doświadczeniu: miliamperomierz, zwojnica, przewody, magnes sztabkowy.

Przebieg doświadczenia: do zwojnicy połączonej z miliamperomierzem nauczyciel szybkim ruchem wsuwa magnes sztabkowy i po chwili go wysuwa.

N: Pyta: „Co zauważyliście?”

U: „Wskazówka miliamperomierza odchyliła się raz w jedną, raz w drugą stronę.”

N: Podaje wnioski z doświadczenia i prosi o ich zanotowanie:

„W zamkniętym obwodzie elektrycznym umieszczonym w zmiennym polu magnetycznym płynie prąd. Kierunek powstającego prądu zależy do ruchu magnesu oraz od jego bieguna. Jeżeli zamknięty obwód umieści się w stałym polu magnetycznym, to prąd nie popłynie.”

U: Notują wnioski do zeszytów.

N: Przypomina, że zaobserwowane wnioski naszą nazwę zjawiska indukcji elektromagnetycznej, a odkrył je Michał Faraday w 1831 roku wykonując podobne doświadczenie jak to podczas lekcji.

U: Słuchają.

N: Mówi i prosi o zanotowanie „Prąd, który powstaje podczas zjawiska indukcji elektromagnetycznej to prąd indukcyjny. Warunkiem jego powstania w obwodzie jest zmiana strumienia magnetycznego, obejmowanego przez ten obwód.”

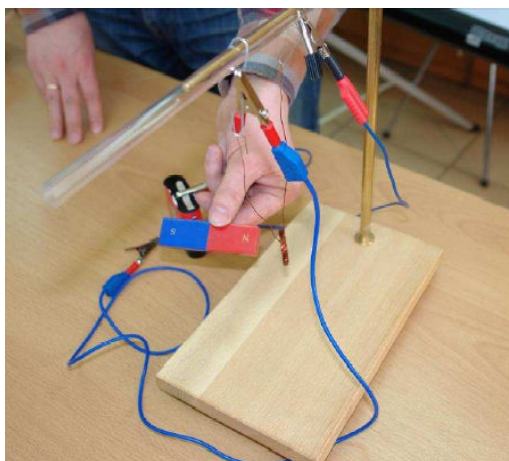
U: Słuchają i notują do zeszytów.

N: Mówi i prosi o zapisanie w zeszytach: „Kierunek prądu indukcyjnego określa reguła Lenza. Brzmi ona następująco: Prąd indukcyjny ma taki kierunek, że jego własne pole magnetyczne przeciwdziała zmianie strumienia, która ten prąd wywołała.”

U: Słuchają i notują.

N: Aby ułatwić zrozumienie tej reguły wykonuje doświadczenie:

Doświadczenie 2.



Rys. 33. Doświadczenie dotyczące reguły Lenza z zestawu doświadczalnego MOSEM.

Przedmioty potrzebne do doświadczenia: magnes, drut aluminiowy, drążek.

Przebieg doświadczenia: Nauczyciel zwiija drut aluminiowy w pierścień o średnicy kilku centymetrów i zawiesza go na drążku tak jak na rys. 2. Następnie przybliża i oddala magnes. Prosi uczniów o obserwację i pyta jakie są wnioski z tego doświadczenia.

U: Mówią, że gdy nauczyciel przybliżał magnes, to pierścień się odsuwał, a gdy oddalał, to pierścień podążał za nim.

N: Wyjaśnia to zjawisko. Mówi, że zgodnie z regułą Lenza prąd wyindukowany w pierścieniu wytwarza zmienne pole magnetyczne, które oddziałuje z polem magnetycznym magnesu i to powoduje zaobserwowane zjawiska.

U: Słuchają nauczyciela.

III. CZĘŚĆ PODSUMOWUJĄCA

N: Powtarza wiadomości poznane na lekcji. Pyta uczniów: „Co to jest prąd indukcyjny?”

U: Odpowiada: „Jest to prąd, który powstaje podczas zjawiska indukcji elektromagnetycznej.”

N: „Co to jest indukcja elektromagnetyczna?”

U: „To zjawisko wzbudzania prądu indukcyjnego w obwodzie na skutek zmian strumienia magnetycznego.”

N: Podaje pracę domową. Prosi chętnych o przygotowanie referatu na temat: „Przygotuj prezentację multimedialną na temat: „Zasługi Faradaya”.”

U: Notują pracę domową.

N: Kończy lekcję.

4.2. Siła elektromotoryczna indukcji

1. Klasa: II

2. Temat: Siła elektromotoryczna indukcji.

3. Baza tematyczna:

Uczeń:

- zna zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- wie, na czym polega reguła Lenza;
- wie, co to jest prąd indukcyjny;

4. Cele lekcji:

Ogólne: Poznanie pojęcia siły elektromotorycznej indukcji.

Operacyjne:

Uczeń:

- zna definicję siły elektromotorycznej indukcji;
- potrafi obliczać siłę elektromotoryczną indukcji;

5. Metody:

- podająca: dialog z uczniami;
- praktyczna: doświadczenie;

6. Środki dydaktyczne:

- magnes podkowiasty;
- metalowa poprzeczka;
- metalowe szyny;
- przewody;
- galwanometr;

7. Formy pracy:

- zbiorowa;

8. Przebieg lekcji:

I.CZĘŚĆ WPROWADZAJĄCA

N: Wita się z uczniami, sprawdza obecność.

U: Witają nauczyciela.

N: Pyta uczniów z wiadomości poznanych na ostatnich lekcjach: „Jakie zjawisko poznaliście na ostatniej lekcji?”

U: Odpowiadają: „Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.”

N: Pyta: „Jaki jest warunek powstania prądu indukcyjnego w obwodzie zamkniętym?”

U: Odpowiadają: „Zmiana strumienia magnetycznego obejmowanego przez ten obwód.”

N: Pyta: „Jak brzmi reguła Lenza?”

U: Odpowiadają: „Prąd indukcyjny ma taki kierunek, że jego własne pole magnetyczne przeciwdziała zmianie strumienia, która go wywołała.”

N: Pyta: „Kto potwierdził prawo indukcji elektromagnetycznej?”

U: Odpowiadają: „To zjawisko potwierdził Faraday.”

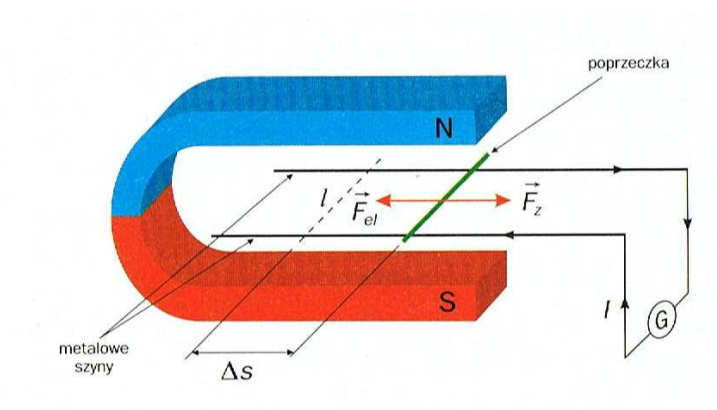
II. CZĘŚĆ POSTĘPUJĄCA

N: Podaje temat lekcji.

U: Zapisują temat w zeszytach.

N: Mówi: „Dzisiaj wyprowadzimy wzór pozwalający nam obliczyć siłę elektromotoryczną indukcji i wyjaśnimy sobie co znaczy to pojęcie. Aby to zjawisko wyjaśnić wykonajmy doświadczenie:

Doświadczenie I.



Rys. 34. Schemat doświadczenia [9].

Przedmioty potrzebne do wykonania doświadczenia: magnes podkowiasty, dwie metalowe szyny, poprzeczka, przewody, galwanometr.

Przebieg doświadczenia: Montujemy przedmioty tak jak na rysunku. Obwód zamyka metalowa poprzeczka o długości l , która może poruszać się po metalowych szynach bez tarcia w jednorodnym polu magnetycznym. Przesunięcie poprzeczki powoduje zmianę strumienia indukcji magnetycznej, a więc wzbudzenie prądu indukcyjnego. Energia nośników tego prądu powstaje kosztem pracy wykonanej przez siłę zewnętrzną przy przesuwaniu poprzeczki.”

N: Pyta: „Skoro pomijamy tarcie, jaką siłę trzeba pokonać przy przesuwaniu poprzeczki?”

U: Odpowiadają: „Może jest nią siła elektrodynamiczna.”

N: Pyta: „A jaki znacie wzór na siłę elektrodynamiczną?”

U: Odpowiada: „ $F = BIl$ ”

N: Mówi: „Dobrze. Wyprowadźmy teraz wzór na siłę elektromotoryczną. Obliczmy pracę siły zewnętrznej. Gdy ruch poprzeczki jest jednostajny to równoważy ona siłę elektrodynamiczną:

$$F_z = F = BIl \quad (18)$$

Praca siły zewnętrznej przy przesuwaniu poprzeczki o Δs wynosi:

$$W = F_z \Delta s = BIl \Delta s \quad (19)$$

Z rysunku widać, że iloczyn $l \Delta s = \Delta S$ to zmiana pola powierzchni obwodu. $B \Delta S = \Delta \Phi$ to zmiana strumienia magnetycznego przechodzącego przez ten obwód. Pracę siły zewnętrznej można wyrazić jako

$$W = I \Delta \Phi \quad (20)$$

Korzystając z definicji natężenia prądu, mamy

$$W = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Delta \Phi \quad (21)$$

Gdzie Δq to ładunek, który przepłynął w czasie Δt , więc w tym samym czasie, w którym

strumień magnetyczny zmienił się o $\Delta \Phi$. Dzieląc obie strony ostatniego równania

otrzymujemy:

$$\mathcal{E} = \frac{W}{\Delta q} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (22)$$

Zmiana strumienia magnetycznego $\Delta\phi$ może być dodatnia lub ujemna, w zależności od tego,

w którą stronę przesuwamy poprzeczkę. Okazuje się, że w przypadku uwzględnienia znaków

$\Delta\phi$ i ε otrzymujemy:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (23)$$

To jest wzór na siłę elektromotoryczną.”

U: Zapisują wzór w zeszytach.

N: Podaje definicję siły elektromotorycznej: „Siła elektromotoryczna indukcji jest równa zmianie strumienia magnetycznego zachodzącej w jednostce czasu, czyli szybkości zmiany strumienia wziętej ze znakiem minus.”

U: Zapisują definicje do zeszytów.

N: Podsumowuje, że siłę elektromotoryczną podaje się w woltach i podaje jednostkę.

U: Zapisują do zeszytów:

$$1 \frac{\text{Wb}}{\text{s}} = 1\text{V}$$

N: Mówi, że siłę elektromotoryczną indukcji można także zapisać wzorem:

$$\varepsilon = Blv \quad (24)$$

U: Zapisują wzór do zeszytów.

III. CZĘŚĆ PODSUMOWUJĄCA.

N: Powtarza z uczniami wiadomości poznane na lekcji i zadaje pracę domową.

U: Zapisują pracę domową w zeszytach: „W jednorodnym polu magnetycznym, którego indukcja magnetyczna ma wartość $B=1\text{T}$, przesuwamy pręt o długości $l=10\text{cm}$ ruchem jednostajnym, z szybkością $v=1\text{m/s}$ prostopadłe do linii indukcji. Oblicz bezwzględną wartość siły elektromotorycznej indukcji powstającej na końcach pręta.”

N: Wyjaśnia pracę domową. Prosi uczniów, by pamiętali o zamianie jednostek. Kończy lekcję.¹⁰

5. Podsumowanie

Ucząc się fizyki zaczynamy rozumieć zjawiska zachodzące w przyrodzie. Każde nowo poznane prawo fizyczne przybliży nas do poznania zasad panujących w otaczającym nas świecie. Jednym z procesów poznawania tych praw i zasad są właśnie doświadczenia. Dla ucznia doświadczenia są bardzo ważnym elementem w procesie uczenia się, ponieważ młody badacz przyrody „musi zobaczyć, aby uwierzyć”. Nie wystarczy mu sucha teoria podana przez nauczyciela i zapisana w zeszycie.

Nauczyciel fizyki powinien pokazywać jak najwięcej doświadczeń. Najlepiej jeszcze, by do ich pokazu używał przedmiotów codziennego użytku. Uczę fizyki dopiero trzeci rok i obserwuję duże zainteresowanie uczniów, gdy wykonuję doświadczenie. Dlatego staram się co lekcję, o ile jest to możliwe, pokazywać młodzieży eksperymenty. Zauważyłam, że uczniowie wtedy lepiej zapamiętują treści poznane na lekcji.

Uważam, iż każdy nauczyciel powinien na lekcjach fizyki pokazywać doświadczenia, ponieważ one uczą, pomagają zapamiętać przekazywane treści i kształtują wyobraźnię.

W mojej pracy przedstawiłam doświadczenia, w których zastosowane są przedmioty codziennego użytku. Myślę, że uczniom liceum przybliży wiadomości o elektromagnetyzmie i w znacznym stopniu pomogą zapamiętać prawa i zasady z tego działu fizyki.

¹⁰ Konspekty lekcji napisałam z wykorzystaniem podręczników do liceum ogólnokształcącego.

6. Literatura

- [1] R. Resnick, T. Halliday, *Fizyka*, tom 2, PWN, Warszawa 1984.
- [2] J. Blinowski, J. Gaj, A. Szymacha, W. Zielicz, *Fizyka i astronomia*, podręcznik dla liceum ogólnokształcącego, WSIP, Warszawa 2003.
- [3] G. Francuz-Ornat, T. Kulawik, M. Nowotny-Róžańska, *Fizyka i astronomia dla gimnazjum*, elektryczność i magnetyzm, moduł 3, Nowa Era, Warszawa 2006.
- [4] J. Orear, *Fizyka*, tom 1, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1990,2004.
- [5] D.J. Griffiths, *Podstawy elektrodynamiki*, PWN, Warszawa 2005.
- [6] I.G. Antipin, *Zadania doświadczalne z fizyki*, kurs podstawowy, WSIP, Warszawa 1986.
- [7] www.p.lodz.pl/k-32/dydakt/fiz-wykład_12.
- [8] R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *Feynmana wykłady z fizyki*, tom 2.1, elektryczność i magnetyzm, elektrodynamika, PWN, Warszawa 2001.
- [9] J. Salach, *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, kurs podstawowy z elementami kursu rozszerzonego koniecznymi do podjęcia studiów technicznych i przyrodniczych, ZamKor, Kraków 2005.
- [10] T. Dryński, *Doświadczenia pokazowe z fizyki*, PWN, Warszawa 1964.
- [11] Praca zbiorowa pod redakcją W.F. Nozdriewa, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki ogólnej*, PWN, Warszawa 1974.
- [12] E.M. Purcell, *Elektryczność i magnetyzm*, PWN 1971.
- [13] H. Kuchling, *Fizyka*, wyd. 2, PWN Warszawa 1973.
- [14] A. Wolska, *Elektromagnetyzm*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1972.