

Toruński doświadczalnik
z fizyki

Praca zbiorowa pod redakcją G. Karwasza

Toruński doświadczalnik z fizyki

Zakład Dydaktyki Fizyki

Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Grudziądzka 5, 87 – 100 Toruń
Tel: (056) 61-13-253, fax: (056) 62-25-397

Koordinator:

Prof. dr hab. Inż. Grzegorz Karwasz

Okladka i skład:

Krzysztof Służewski

© Copyright by Zakład Dydaktyki Fizyki UMK, Toruń 2010

Druk niniejszej publikacji został sfinansowany za środków Dyrekcji Instytutu Fizyki UMK

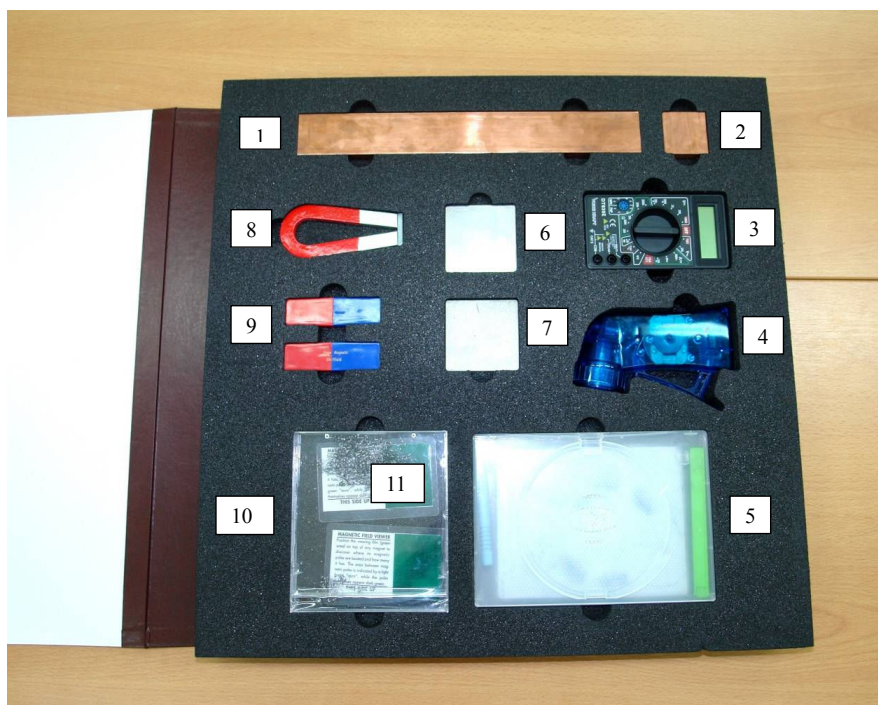
Druk – Wydawnictwo Naukowe UMK
Materiały przygotowane przez Zakład Dydaktyki Fizyki UMK
i Toruński Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli

Toruński doświadczalnik z fizyki

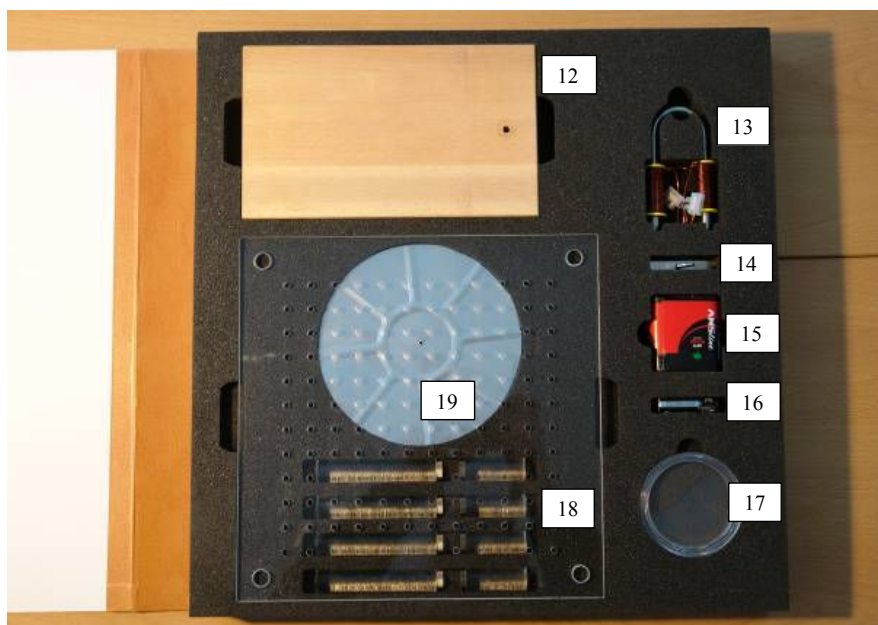
I. Zestaw dydaktyczny do elektromagnetyzmu	5
A. Karbowski, K. Służewski, G. Karwasz	
II. Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu	13
M. Sadowska, G. Karwasz, A. Karbowski	
III. Scenariusze lekcji	67
M. Sadowska	
IV. Doświadczenia w gimnazjum – Postawa programowa ...	87
K. Gołębiowski, J.P. Żółkiewski, K. Bursztyńska-Napieralska, K. Ciurko-Smolińska, J. Grygorowicz, A. Sławińska, L. Reiban, B. Sobczuk, M. Strobel, K. Wojciechowski, I. Orzłowska, A. Walenda	

Zestaw dydaktyczny do elektromagnetyzmu

Zawartość zestawu dydaktycznego do elektromagnetyzmu



1. Równia miedziana
2. Płytką miedziana
3. Miernik cyfrowy
4. Latarka ręczna
5. Tabliczka magnetyczna
6. Płytką aluminiową
7. Płytką żelazną
8. Magnes w kształcie litery U
9. Dwa magnesy sztabkowe
10. Plastikowe pudełko z opiłkami
11. Dwa "wyświetlacze" pola magnetyczne



- 12. Drewniana podstawa do statywu
- 13. Elektromagnes
- 14. Płytką metalowa do elektromagnesu
- 15. Bateria 4.5 V
- 16. Bateria 1.5 V
- 17. Okrągłe pudełko plastikowe z opilkami
- 18. Stolik z pleksi z 4 długimi nóżkami i 4 krótkimi
- 19. Dysk aluminiowy

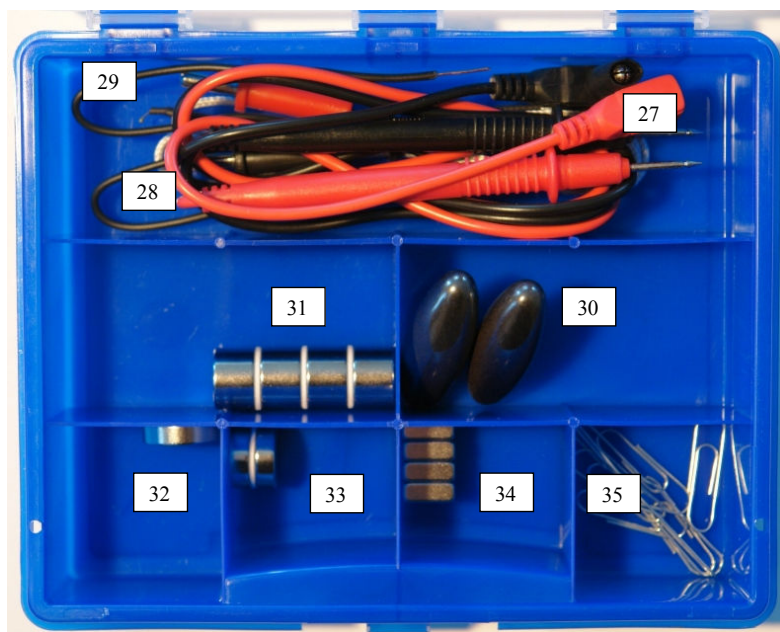
Zestaw dydaktyczny do elektromagnetyzmu



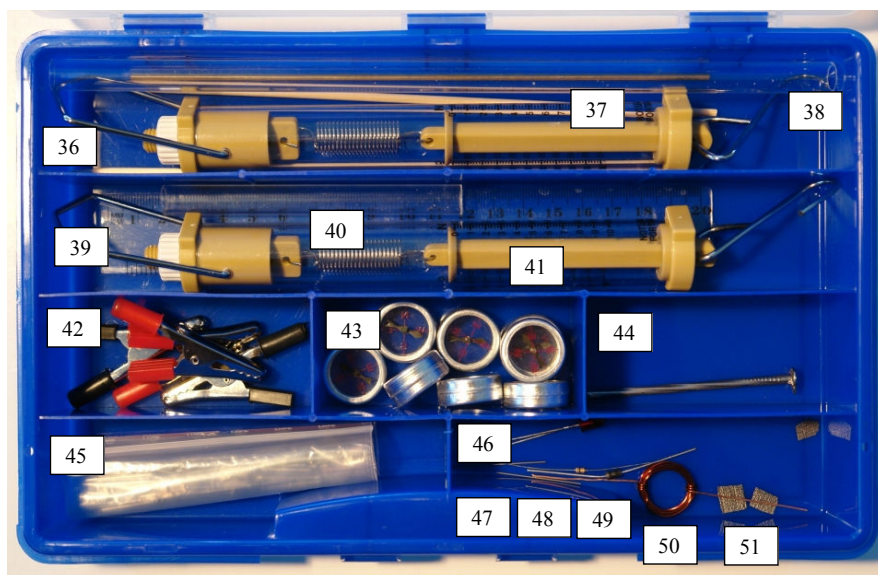
- 20. 4 kompasy
- 21. Część metalowa statywu
- 22. Druk miedzi
- 23. Rurka miedziana z nacięciami
- 24. Rurka miedziana
- 25. Rurka z PCV
- 26. Kątownik aluminiowy



Zestaw dydaktyczny do elektromagnetyzmu

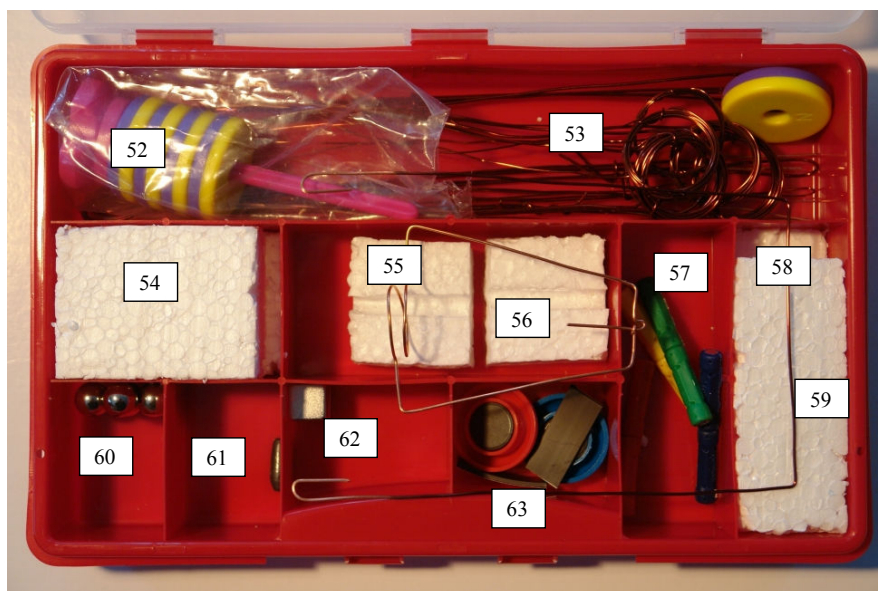


- 27. Dwa kabelki do miernika cyfrowego
- 28. Czujnik temperatury (biały kabelek) do miernika cyfrowego
- 29. Dwa kabelki (czarne)
- 30. Magnetyczne "zuczki"
- 31. 4 neodymowe magnesy cylindryczne 15 x 10 mm
- 32. Neodymowy magnes cylindryczny 20 x 5 mm
- 33. 2 neodymowe magnesy cylindryczne 15 x 5 mm
- 34. 4 neodymowe magnesy płytkowe 12.5 x 12.5 x 5 mm
- 35. Spinacze



- 36. Drewniane patyki
- 37. Mosiężna poprzeczka do statywu
- 38. Rurka z pleksi 250 mm długości
- 39. Linijka
- 40. Siłomierz
- 41. Rurka z pleksi 100 mm długości
- 42. Krokodylki
- 43. Małe kompasy transparentne
- 44. Gwóźdź żelazny
- 45. Małe gwoździe
- 46. Dioda LED
- 47. Grafitowy wkład do ołówka (0.5 mm)
- 48. Opornik
- 49. Dioda
- 50. Silniczek na spinaczach
- 51. Płytki z grafitu

Zestaw dydaktyczny do elektromagnetyzmu



- 52. Zestaw 5 magnesów na patyku
- 53. Różne typy cewek
- 54. Magnes do "magnetycznego psa"
- 55. Silniczek z jedną "pętlą"
- 56. Pływające łódki
- 57. Geomag – klocki magnetyczne
- 58. Ramka do doświadczenia Pohl'a
- 59. Drugi magnes do "magnetycznego psa"
- 60. Geomag – kulki metalowe
- 61. Ciężarek 5 g
- 62. Magnesy neodymowe płytkowe
- 63. Zabawkowe magnesy

Opis przygotowali: Andrzej Karbowski i Grzegorz Karwasz, UMK Toruń.

Toruński doświadczalnik

"ELEKTROMAGNETYZM" Materiały dla gimnazjum i liceum

Autorzy:

Mgr Magdalena Sadowska, absolwentka Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, jest nauczycielką w Zespole Szkół w Kaliszu obejmującym: Gimnazjum dla Dorosłych, Zasadniczą Szkołę Zawodową oraz Technikum Uzupełniające. Realizuje doktorat w zakresie dydaktyki fizyki na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, pod kierunkiem prof. Grzegorza Karwasza.

Mgr Andrzej Karbowski, absolwent Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, jest asystentem w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK. Zajmuje się spektroskopią pozytonów w ciele stałym. Realizuje doktorat na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, pod kierunkiem prof. Grzegorza Karwasza. Kierował pakietem „Hands-on-experiments: Low-tech kit” w Projekcie MOSEM.

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz, z wykształcenia mgr inż. fizyki (Politechnika Gdańska) i ekonomista (handel zagraniczny, Uniwersytet Gdański), prowadzi prace badawcze w dziedzinie fizyki atomowej i fizyki ciała stałego. Jest autorem ponad 120 artykułów naukowych, 200 komunikatów konferencyjnych oraz 4 monografii. Od 15 lat zajmuje się popularyzacją fizyki, organizując między innymi wystawy interaktywne „Fizyka zabawek”; był koordynatorem projektu UE „Physics is Fun” i MOSEM. Obecnie jest kierownikiem Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK.

Redakcja:

Mgr Krzysztof Służewski, absolwent Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, specjalista fizyk w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK. Do jego zadań należy techniczna opieka ZDF, redakcja materiałów internetowych, podręczników multimedialnych oraz materiałów drukowanych.

Spis treści

Wstęp

1. Magnesy i materiały magnetyczne

1.1. Magnetyczne żuczki	19
1.2. Magnetyczny "pies na smyczy"	20
1.3. Materiały magnetyczne	21
1.4. Pływające magnesy	22

2. Pola magnetyczne

2.1. Badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków żelaza	23
2.2. Badanie pola magnetycznego za pomocą magnetycznych pieczętek i "wykrywacza" pola magnetycznego	24
2.3. Badanie pola magnetycznego za pomocą klocków magnetycznych i kulek (Geomag)	25
2.4. Oddziaływanie magnesu na igły magnetyczne	27

3. Oddziaływania magnetyczne

3.1. Oddziaływania między dwoma magnesami	28
3.2. Kolumnienka magnesów – obwarzanków	29
3.4. Siła przyciągania: pomiar przy użyciu dynamometru	31
3.5. Siła odpychania: magnesy sztabkowe (Geomag) w rurce	32
3.6. Tory kulek w polu magnetycznym	33

4. Pole magnetyczne Ziemi

4.1. Magnes zakręcający na równi pochyłej	34
---	----

5. Magnetyczne efekty przepływu prądu elektrycznego

5.2. Doświadczenie Oersteda – wersja pionowa (czyli doświadczenie Ampere'a)	35
5.3. Doświadczenie Oersteda – wersja pozioma	37
5.4. Siła magnetyczna między dwoma równoległymi przewodami (doświadczenie Ampere'a)	39
5.5. Pole magnetyczne wokół cewki	
a) Pole magnetyczne wewnątrz pojedynczej cewki	40
b) Pole magnetyczne wewnątrz solenoidu	41
c) Wzajemne oddziaływanie cewki i magnesu	42
5.6. Żelazny rdzeń umieszczony wewnątrz cewki	43

6. Siła magnetyczna działająca na przewód z prądem - siła Lorentza

6.1. Doświadczenie Pohl'a (siła działająca na ramkę z prądem)	44
6.2. Oddziaływania między magnesem i zwojnicą, przez którą płynie prąd	46
6.3. Silniki elektryczne	
a) Silnik na spinaczach	47

b) Silnik z jedną "pętlą"	48
c) Silnik z dwoma skrzydełkami („silnik - mikser”)	49
7. Zjawisko indukcja elektromagnetycznej	
7.1. Siła elektromotoryczna indukowana w poruszającym się przewodzie	50
7.2. Siła elektromotoryczna indukowana w cewce	51
7.3. Prąd wirowe (Foucaulta):	
a) leniwe wahadło	53
b) hamulec elektromagnetyczny	55
c) "pijany" magnes (na miedzianej równi)	56
d) magnes zsuwający się po miedzianej równi	57
e) spadający magnes w rurze z miedzi (bez nacięć i z nacięciami)	58
f) łagodnie lądujący magnes	61
8. Generatory – proste generatory prądu przemiennego	
8.1. Latarka "dynamo"	62
9. Zwojnice i transformatory	
9.1. Indukcja w układzie dwóch zwojnic	63
9.2. Transformator z różnymi rdzeniami	65

Wstęp

Opisywane poniżej doświadczenia powstały w wyniku zespołowej pracy wielu grup. O ile przedstawione opisy są wyłącznie wynikiem pracy Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK, w szczególności mgr Magdaleny Sadowskiej, doświadczenia są, między innymi efektem dwóch projektów EU w panelu Leonardo da Vinci - „Supercomet2” i „MOSEM”, ten ostatni koordynowany przez UMK w Toruniu (GK).

W projekcie „MOSEM” koordynatorem pakietu doświadczeń z elektromagnetyzmu był mgr Andrzej Karbowski. Dzięki jego zaangażowaniu, wspólnie z mgr Krzysztofem Służewskim, udało się sfinalizować wytworzenie zestawów doświadczalnych, wyprodukowanych ze środków UMK, w ramach kredytu JM Rektora.

Grupa pakietu „Low-Tech kit” Projektu „MOSEM” obejmowała szereg osób. Największy wkład w przygotowanie koncepcji doświadczeń mieli, oprócz ZDF UMK:

- Prof. Marisa Michelini z Uniwersytetu w Udine (Włochy) i jej grupa
- Prof. Wim Peters z Uniwersytetu w Antwerpii (Belgia)
- Prof. Josef Trnka w Uniwersytecie w Brnie (Republika Czecho)

Niniejsze opisy doświadczeń powstały w ramach pracy doktorskiej mgr Sadowskiej (przy współpracy GK). Druk niniejszych materiałów został sfinansowany przez Dyрекcję Instytutu Fizyki UMK.

Prof. Grzegorz Karwasz

Toruń, listopad 2010

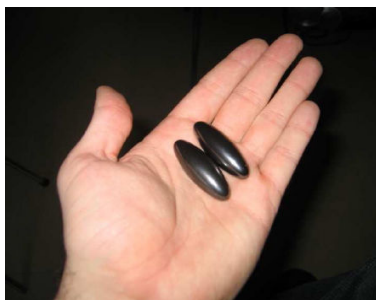
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

1.1: Magnetyczne żuczki

Cel: odkrycie istnienia dwóch rodzajów biegunów magnetycznych

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa magnetyczne „żuczki”.



Zdjęcie 1. Magnetyczne żuczki.

Wykonanie:

1. Weź dwa magnetyczne „żuczki”. Zbliź je do siebie w taki sposób, aby się nie dotykały. Podrzucić je w górę. Co się dzieje? Popatrz i posłuchaj...
2. Przytrzymaj jednego żuczka w palcach jednej dłoni a drugiego żuczka w palcach drugiej dłoni. Zbliź żuczki do siebie. Co czujesz?
3. Trzymaj nadal żuczki w palcach. Obracaj żuczkami, oddalaj je i przybliżaj. Co zauważyłeś?

Wyjaśnienie:

1. Magnetyczne żuczki zawierają wewnątrz silne magnesy. Podczas wyrzutu w górę na przemian odpychają i przyciągają się wzajemnie, a rodzaj oddziaływania zależy od ich wzajemnego położenia. Żuczki poruszają się dopóki, nie spadną na dłoń.
2. W zależności od wzajemnego położenia magnetyczne żuczki przyciągają się lub odpychają, więc istnieją dwa rodzaje biegunów magnetycznych. Bieguny te można zidentyfikować: każdy z magnesów w żuczkach ma dwa bieguny, chociaż nie leżą one na końcach „żuczków” tak, jak w tradycyjnych magnesach.

Uwagi metodologiczne:

1. Jest to wstępne doświadczenie, wprowadzające pojęcie „oddziaływania magnetycznego”. Żuczki, wbrew oczekiwaniom, nie mają biegunów położonych na ich wierzchołkach, jak by to miało miejsce dla magnesów sztabkowych. W rzeczywistości, magnesy są ukryte wewnątrz „żuczków”. Zadanie ucznia polega na określeniu miejsca, gdzie znajdują się bieguny.
2. Podobno, oryginalne żuczki powinny być zrobione z magnetytu i była to zabawka chińska. Żuczki w zestawie są zrobione z masy ceramicznej i zawierają magnesy neodymowe.

1.2: Magnetyczny „pies na smyczy”

Cel: wykazanie, że oddziaływanie magnetyczne zachodzi na odległość

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa silne magnesy (neodymowe),
- płytkę z żelaza,
- statyw,
- sznurek o długości 0,3 – 0,5 m.



Zdjęcie 1. Sposób umieszczenia elementów doświadczenia.

Wykonanie:

Weź statyw, płytkę i magnesy. Przymocuj płytkę do statywu (tak jak pokazane jest to na zdjęciu powyżej). Jeden z magnesów połóż na płytce od spodu. Drugi włóż do małego woreczka foliowego. Zawiąż woreczek sznurkiem. Zbliz magnes w woreczku do magnesu znajdującego się na płytce. Spróbuj poruszyć magnesem przy użyciu sznurka. Co się dzieje? Odlóż na chwilę magnes w woreczku, odwróć go i teraz przysuń do drugiego magnesu. Co się dzieje?

Wytlumaczenie:

Miedzy dwoma magnesami działa siła magnetyczna. Raz jest to siła przyciągająca, a raz siła odpychająca. Dwa magnesy przyciągają się, ponieważ zostały zbliżone biegunami odmiennego typu. Gdy jeden z magnesów odwrócimy, to odpychają się, czyli zostały zbliżone biegunami tego samego rodzaju. Wynika z tego, że istnieją dwa rodzaje biegunów magnetycznych.

Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie to, bardzo widowiskowe, bo widzimy magnes wiszący pozornie w powietrzu bez przyczyny. Ma ono na celu zwrócenie uwagi ucznia (*eye-catching*). Można je ustawić np. w oknie lub w drzwiach wejściowych do klasy. Uczniowie, ciągnąc psa, mierzą siłę oddziaływania.
2. W doświadczeniu należy zachować środki ostrożności, jak przy pracy z silnymi polami magnetycznymi (uwaga na karty magnetyczne, osoby noszące pace-maker etc.)

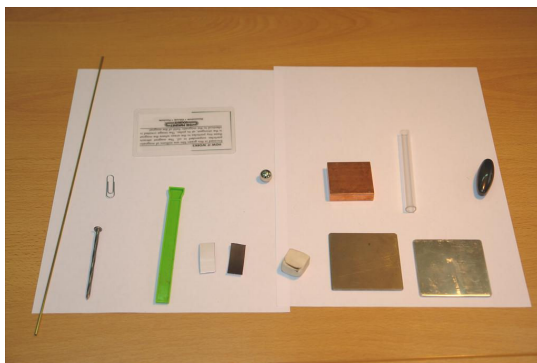
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

1.3: Materiały magnetyczne

Cel: odkrycie istnienia materiałów magnetycznych i niemagnetycznych

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnetyczne i niemagnetyczne materiały (linijka plastikowa, zapalka, spinacz, gwóźdź, metalowe monety, np. grosze i euro-centy)
- magnesy



Zdjęcie 1. Magnetyczne i niemagnetyczne materiały.

Postępowanie:

Weź magnes i zbliż go do różnych materiałów. Co się dzieje? Przyjrzyj się, które materiały są przyciągane przez magnes? A z którymi nic się nie dzieje?

Porównaj oddziaływanie magnesu z euro-centami (monety 1, 2, 5 centowe są wykonane ze stali i jedynie z wierzchu pokryte miedzią), z polskim groszami (ze stopu miedzi), z 1-złotówką (ze stopu miedzi i niklu).

Wytlumaczenie:

Magnes przyciąga np. spinacze, stalową płytkę, inne magnesy. Magnes przyciąga przedmioty wykonane z żelaza (ale również kobaltu, niklu) i niektóre stopy z ich domieszkami. Natomiast magnes nie przyciąga np. tworzyw sztucznych, szkła, drewna. Nie potrafimy również zauważyć oddziaływań magnesu z takimi metalami jak aluminium, miedź.

Wnioskujemy, że z uwagi na siły magnetyczne potrafimy wyróżnić materiały silnie oddziałujące z magnesami (jak żelazo, stal) i oddziałujące niewiele lub wcale (plastik, drewno, aluminium).

Uwaga metodologiczne:

1. Nauczyciel powinien oczywiście pamiętać, że materiały dzielimy na ferromagnetyczne (silnie przyciągane przez magnesy), diamagnetyczne (słabo odpychane, jak miedź) i paramagnetyczne (jak aluminium). Te dwa ostatnie efekty są jednak zbyt słabe, aby je pokazać w prostym doświadczeniu. Bogactwo stopów jest tak duże, że doświadczenie to może zawsze dać wynik niespodziewanym, jak to ma miejsce z euro-centami, które wydają się być zrobione z miedzi a w rzeczywistości są ze stali lub z 1-złotówką, która jest zrobiona ze stopu niklu, ale nie jest przyciągana przez magnes.

1.4. Pływające magnesy

Cel: badanie oddziaływań między dwoma magnesami pływającymi po wodzie

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa magnesy typu « geomag »
- dwie małe styropianowe łódeczki.



Zdjęcie 1. Łódeczki z magnesami

Wykonanie:

Położ dwa magnesy na małych styropianowych łódeczkach. Następnie połącz łódki na wodzie pamiętając o tym, aby zachować między nimi odstęp. Co się dzieje? Przyjrzyj się łódeczkom. Jeśli położysz je na wodzie tak, że przeciwne bieguny magnesów będą na przeciwko siebie, zobaczysz, że magnesy się przyciągają aż do momentu zetknięcia się.

Ponownie połącz łódki na wodzie, ale jedną z nich umieść odwrotnie niż poprzednio. Co się dzieje? Przyjrzyj się łódkom. Jeśli magnesy umieścimy na wodzie tak, że na przeciw będą te same bieguny, to zobaczysz, że jeden z nich obróci się o kąt 180° . Po czym, magnesy będą się przyciągać do momentu zetknięcia się.

Wyjaśnienie:

Między dwoma magnesami działa siła magnetyczna. Gdy magnesy zbliżone są do siebie przeciwnymi biegunami (tzn. północnym i południowym), to przyciągają się i po chwili stykają się. Jeśli natomiast zbliżone są tym samym biegunem (tzn. północnym - północnym lub południowym – południowym), to odpychają się. Po pewnym czasie jedna z łódek obraca się o 180° , magnesy zaczynają się przyciągać, a w efekcie łączą się w jeden magnes.

Oddziaływania magnesów obserwujemy nawet wtedy, gdy są one daleko od siebie. Zauważ, jak łódeczki przyspieszają w miarę zbliżania się.

Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie z łódeczkami, opisane w „Rozprawie o metodzie” Kartezjusza jest niezwykle bogate dydaktycznie. Warto zacząć od jednej łódeczki i zauważyć, jak się ona obraca, jeśli została położona „niewłaściwie”: bieguny magnesu ustawiają się w kierunku północ- południe. Zbudowaliśmy kompas!

2. Pole ziemskie wpływa na ruch łódeczek. Spróbujcie puszczać je z różnych rogów miski.

3. Oddziaływanie, o ile nie ma w pobliżu obiektów magnetycznych jak choćby gwoździe w stole, rzeczywiście może być obserwowane na dużą odległość. Łódeczki przyspieszają „znacznie”, w miarę zbliżania, bo rośnie siła ich wzajemnego oddziaływania. Ruch jest więc „bardziej przyspieszony niż jednostajnie przyspieszony”. Należy przypomnieć uczniom warunek ruchu *jednostajnie* przyspieszonego, tj. stałość siły. Siła oddziaływania między magnesami zależy od odległości – im bliżej siebie łódeczki, tym większa siła.

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

2.1. Badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków żelaza

Cel: badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków żelaza

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- jeden magnes,
- opiłki żelaza (umieszczone w pudełku od płyty CD).



Zdjęcie 1. Magnes i opiłki. Badanie pola magnetycznego za pomocą opiłków.

Wykonanie:

Weź pudełko po płycie CD wypełnione opiłkami żelaza. Weź magnes i połóż go pod pudełkiem tak, aby było widać opiłki. Poruszaj magnesem. Co się dzieje? Opiłki żelaza poruszają się za magnesem tzn. ich ruch odpowiada ruchowi magnesu. Połóż magnes pod pudełkiem. Co się dzieje? Opiłki żelaza układają się w charakterystyczny sposób.

Wyjaśnienie:

Gdy poruszasz magnesem opiłki żelaza poruszają się za nim, ponieważ działa siła przyciągania magnetycznego. Opiłki żelaza stają się małymi magnesami. Gdy położysz magnes pod pudełkiem opiłki układają się w specyficzny sposób. Wiele z nich znajduje się w pobliżu obu biegunów – północnego i południowego, a reszta układa się tworząc linie (tak jak pokazuje to powyższe zdjęcie). Położenie opiłków jest różne tzn. część z nich leży, a część „stoi”. Rozmieszczenie opiłków obrazuje linie pola magnetycznego powstające wokół magnesu.

Uwagi metodologiczne:

1. Opiłki znane z laboratoriów szkolnych są kłopotliwe w użyciu (brudzą). Wyżej pokazany „czytnik linii pola” można zbudować we własnym zakresie, tnąc na wiórki stalowy zmywak do naczyń.

2. Doświadczenie pochodzi od Faradaya. Pokazanie linii sił pola magnetycznego jest znacznie prostsze niż linii sił pola elektrycznego (dla tego ostatniego potrzebna jest kasza manna, olej, i źródło silnego pola elektrycznego jak maszyna elektrostatyczna). W opisie dla ucznia podajemy, że opiłki są „przyciągane”. W rzeczywistości *indukują* się w każdym wiórce dwa bieguny magnetyczne – bliżej magnesu biegun przeciwny, dalej - taki sam. Opiłki tworzą ładne linie, bo powstaje łańcuch wzajemnie przyciągających się magnesów (dipoli).

Doświadczenie to składa się na serię kilku różnych „detektorów pola magnetycznego” w zestawie UMK do nauczania elektromagnetyzmu.

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

Cel: badanie istnienia pola magnetycznego za pomocą „wykrywacza”

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnesy sztabkowe, magnesy « geomag »
- magnetyczne pieczątki o różnych kształtach, np. magnesy na lodówkę
- wykrywacz pola magnetycznego.



Zdjęcie 1. a) „Magnetyczna” pieczętka, b) Wykrywacz pola magnetycznego

Wykonanie:

Weź „magnetyczną pieczętkę” i przyłóż ją do wykrywacza. Następnie zabierz pieczętkę i przyjrzyj się, jak wygląda powierzchnia wykrywacza. Czy kolor wykrywacza jest w każdym miejscu taki sam? Weź kolejną pieczętkę i postępuj tak samo. Co zaobserwowałeś?

Wyjaśnienie:

Wykrywacz pola magnetycznego służy do znalezienia biegunów magnetycznych oraz poznania ich ilości. Przestrzeń między biegunami magnetycznymi (obszar słabszego pola) na wykrywaczu zaznacza się na jasnozielony kolor, natomiast kolor ciemnozielony wskazuje na istnienie biegunów (silniejsze pole). Niektóre pieczątki pozostawiają nie dwa ciemnozielone ślady na wykrywaczu, ale więcej np. trzy lub cztery. Oznacza to, że pieczętka jest wykonana z kilku magnesów, a każdy z nich ma dwa bieguny, o czym już wiesz.

Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie pozwala na identyfikację biegunów magnetycznych. W zestawach szkolnych posiadamy zazwyczaj jedynie magnesy sztabkowe i magnesy podkowiaste, które posiadają jedynie dwa, odmienne bieguny. Ich położenie jest łatwe do przewidzenia. W zestawie UMK używamy magnesów spotykanych na co dzień. Okazuje się, że nawet małe i pozornie proste magnesy na lodówkę, mogą mieć więcej niż dwa bieguny. Ile? Zależy to od ich położenia. Wykrywacz pola może np. pokazać trzy miejsca z biegunami. Oznacza to, że w przedmiocie znajdują się dwa magnesy (każdy z nich jest dwubiegunowy) ale jeden z biegunów jest wspólny dla obu magnesów.

2. Dla uzupełnienia, złożmy stronami magnetycznymi dwa magnesy i spróbujmy je obracać i przesuwac, podobnie jak w doświadczeniu z żuczkami. Okazuje się, że magnesy mają pewne uprzywilejowane położenia – tak aby przeciwne bieguny były blisko siebie. Czy istnienie więcej niż dwóch biegunów nie przeszkadza w przyciąganiu magnesu do lodówki? Nie, bo w blaszce lodówki indukują się zawsze, we *właściwych* miejscach, bieguny przeciwne niż w magnecie.

3. „Wykrywacz” to mikroopłuki, umieszczone w zawieszinie w oleju i hermetycznie zamknięte.

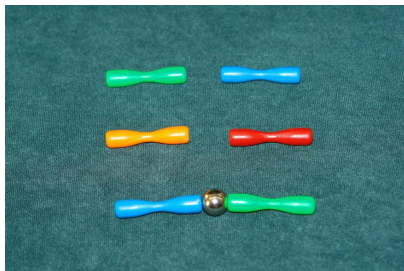
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

2.3. Badanie pola magnetycznego za pomocą klocków magnetycznych i kulek (Geomag)

Cel: badanie pola magnetycznego za pomocą

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnetyczne pręciki,
- małe stalowe kulki.



Zdjęcie 1. Magnetyczne pręciki i kulka (GEOMAG™)

Wykonanie:

Weź magnetyczne sztabki i stalową kulkę. Między pręciki zbliżone do siebie przeciwnymi biegunami włoż kulkę. Zaobserwuj co się dzieje. Następnie między sztabki zbliżone tymi samymi biegunami włoż kulkę. Co się dzieje tym razem?

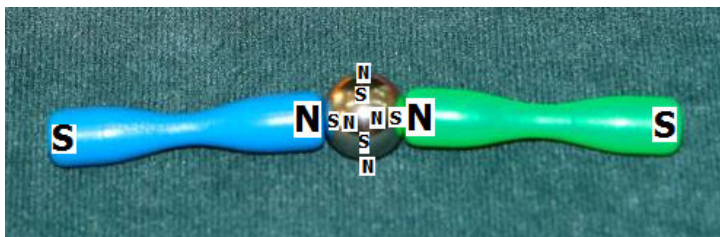
Wyjaśnienie:

Kulka wykonana jest ze stali, a więc z materiału ferromagnetycznego. Jeśli włożysz ją między sztabki zbliżone biegunami różnoimiennymi, to w kulce indukuje się pole magnetyczne w charakterystyczny sposób. Od strony pręcika zbliżonego biegunem północnym w kulce indukuje się biegun południowy, a po przeciwnej stronie biegun północny. Biegun północny kulki oddziałuje z drugim pręcikiem powodując wzajemne przyciąganie się. W wyniku wzajemnych oddziaływań kulki i pręcików w kulce indukowany jest *dipol magnetyczny*.



Rysunek 2. Pręciki magnetyczne zbliżone biegunami różnoimiennymi oraz indukowane pole magnetyczne w kulce.

Jeśli kulkę włożysz między pręciki zbliżone do siebie biegunami jednoimiennymi, również jest przyciągana. Wyjaśnienie tej sytuacji jest bardziej skomplikowane. Spójrz na rysunek 3.



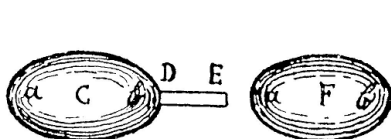
Rysunek 3. Pręciki magnetyczne zbliżone biegunami jednoimiennymi oraz indukowane pole magnetyczne w kulce.

Rysunek 3 pokazuje, że pole magnetyczne wytworzone w sferze przypomina kształtem „latający dysk” : bieguny południowe wychodzą z góry i dołu dysku a na całym (poziomym) brzegu dysku leży biegun północny. Tak zbudowane są magnesy używane są do zakrzywiania biegu cząstek w wielkich akceleratorach. Nazywamy tę konfigurację „kwadrupolem”.

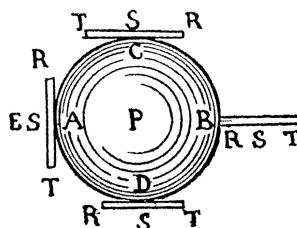
Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie wprowadza trudne pojęcia, jak kwadrupol magnetyczny. Proponujemy je jako rozszerzenie zainteresowań uczniów a nie jako część głównej ścieżki dydaktycznej. Co więcej, niepełne lub niewłaściwe wytłumaczenie doświadczenia może podważyć główną przesłankę nauczania o magnesach: „wszystkie magnesy mają zawsze dwa bieguny” (innymi słowy, strumień magnetyczny przechodzący przez zamkniętą powierzchnię wynosi zero, lub jeszcze inaczej, *nie istnieją monopole magnetyczne*).

2. Wprowadziliśmy to doświadczenie również z uwagi na rozpowszechnienie zabawek konstrukcyjnych typu „geomag”. Przy zabawie z nimi rodzi się pytanie: jeżeli koniec S przyciąga się z końcem N drugiego elementu, to jak dołożyć trzeci element w tym samym wierzchołku? I jaki N czy S? W rzeczywistości, kulki są zasadniczym elementem zabawki. Same w sobie są niemagnetyczne (zbudowane z *miękkiej* magnetycznie stali) ale w pobliżu magnesów indukują się w nich *właściwe*, tj. zawsze przeciwne bieguny. Proszę zauważyć, że na tej samej zasadzie działają np. opółki magnetyczne. Istnienie więcej niż dwóch biegunów w stalowej kulce obserwował już Kartezjusz.



Rys. 45



Rys. 43

Ryc.4 Magnesy według Kartezjusza: konfiguracje biegunów z jego pracy z 1644 roku

3. Opis „geomagu” i biegunów w różnych konfiguracjach zawiera praca G. Karwasza i współpracowników „Geomag paradoxes” w Physics Education, no.1 (2006)

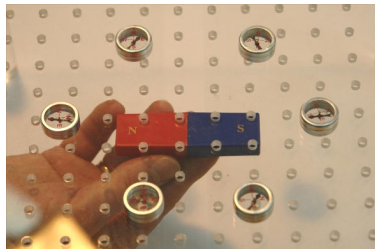
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

2.4. Oddziaływania magnesu na igły magnetyczne

Cel: badanie oddziaływania magnesu na igły magnetyczne.

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes
- igły magnetyczne
- mały stolik pleksi



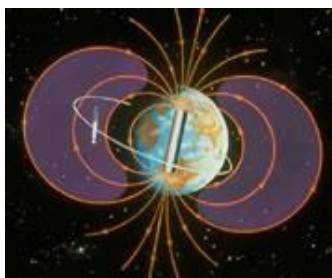
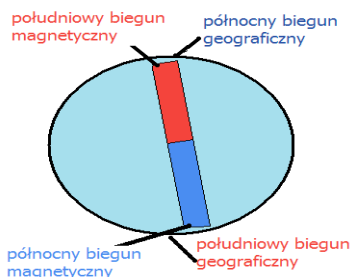
Zdjęcie 1. Oddziaływanie magnesu na igły magnetyczne

Wykonanie:

Na stoliku połóż kilka igieł magnetycznych. Zaobserwuj, jak są ustawione. Jaki kierunek wskazują? Włóż pod stolik (albo połóż na stoliku) magnes. Co teraz wskazują igły? Odwróć magnes tak, aby jego biegun południowy znalazł się po przeciwnej stronie. Co się stało z igłami?

Wyjaśnienie:

Leżące na stoliku igły magnetyczne są ustawione identycznie – wskazują północny biegun geograficzny. Po zbliżeniu magnesu igły obracają się w taki sposób, że każda z nich ustawiona jest pod innym kątem, ale wszystkie wskazują południowy biegun magnesu. Po odwróceniu magnesu igły również się obracają i ponownie zwrócone są w stronę bieguna południowego magnesu. Ruch igieł magnetycznych świadczy o tym, że magnesy wytwarzają wokół siebie pole magnetyczne. Własność wskazywania bieguna magnetycznego Ziemi przez igły ma zastosowanie w kompasach. Jak wiesz kompas służy do wyznaczania kierunków geograficznych i jego igła wskazuje północ geograficzną. Jak to jest możliwe? Otóż można powiedzieć, że Ziemia jest ogromnym magnesem, którego bieguna magnetyczne znajdują się w okolicach biegunów geograficznych.



Rysunek 2. a) Bieguna geograficzne i magnetyczne Ziemi, b) Układ linii pola magnetycznego wokół Ziemi, <http://www.nature.com/news/2007/070309/full/news070305-14.html>

3.1. Oddziaływania między dwoma magnesami

Cel: badanie (jakościowe) oddziaływania między dwoma magnesami.

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa magnesy sztabkowe



Zdjęcie 1. Oddziaływanie między magnesami

Wykonanie:

Weź dwa magnesy. Zblíž je biegunami przeciwnymi. Co się stało? Zblíž je tymi samymi biegunami np. oznaczonymi na niebiesko, a następnie na czerwono. Co dzieje się tym razem?

Wyjaśnienie:

Siły działające między magnesami nazywamy siłami magnetycznymi. Siły te mogą być siłami przyciągającymi lub odpychającymi. W zależności od odległości między magnesami, siły te mogą mieć różne wartości.

Magnesy zbliżone do siebie biegunami różnoimiennymi, czyli północnym i południowym, przyciągają się. Natomiast magnesy zbliżone do siebie biegunami jednoimiennymi, czyli północnym i północnym lub południowym i południowym, odpychają się.

Każdy magnes ma dwa bieguny – północny (N) i południowy (S). Występujące razem bieguny północny i południowy nazywamy dipolem magnetycznym.

Naukowcy próbowali odkryć istnienie magnesu o jednym biegunie, nazwali go roboczo monopolem. Jednak w wyniku prowadzonych badań okazało się, że nie istnieje taki magnes. Nawet po przecięciu magnesu sztabkowego, powstaną dwa magnesy i każdy z nich będzie miał biegun północny i południowy.

Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie ma zasadnicze znaczenie dla poprawnego zrozumienia pojęć magnetyzmu – istnienia w każdym magnecie dwóch, przeciwnych biegunów magnetycznych. Doświadczenie łączy się metodologicznie z doświadczeniem 1.4 „Pływające magnesy”.

2. Zwracamy uwagę, że w różnych krajach bieguny północne i południowe mogą być oznaczane odmiennymi kolorami – jest to wynik przyjętych różnych konwencji.

3. Własności magnetyczne ferromagnetyków wynikają ze specyficznych własności orbitali elektronowych w atomach. Elektrony, krążące po orbitach to jakby nano-przewodniki z prądem. Mimo, że czasów pracy Einsteina z 1911 roku wiemy, że oddziaływania magnetyczne wynikają z relatywistycznej zmiany gęstości ładunku w przewodach z prądem, nie proponujemy sprowadzania magnetyzmu jedynie do „oddziaływania przewodników z prądem”, jak to proponują niektórzy podręczniki. Bieguny magnetyczne są obiektami, z którymi uczeń może poeksperymentować, w odróżnieniu od *spinów elektronów* w ferromagnetyku.

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

3.2. Kolumnienka magnesów - obwarzanków

Cel: badanie (jakościowe) oddziaływania między kilkoma magnesami.

Środki dydaktyczne: z zestawu doświadczalnego UMK:

- kolumnienka magnesów – obwarzanków
- linijka



Zdjęcie 1. Kolumnienka magnesów

Wykonanie:

Weź dwa magnesy – obwarzanki i nałóż je na kolumnenkę tak, aby były zwrócone do siebie tymi samymi biegunami. Co się dzieje? Weź następny magnes i dołóż go na kolumnenkę tak, aby był skierowany tym samym biegunem, co poprzedni magnes. Co zaobserwowałeś? Dołóż czwarty magnes. Co się stało?

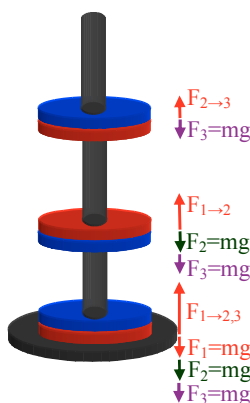
Zdejmij magnesy. Nałóż na kolumnenkę dwa magnesy biegunami jednoimiennymi do siebie. Zmierz odległość między nimi i zanotuj ją. Dołóż trzeci magnes. Zmierz odległości między: pierwszym i drugim magnesem, drugim i trzecim magnesem. Zanotuj wyniki pomiarów. Dołóż kolejny magnes. Ponownie zmierz odległości między: pierwszym i drugim magnesem, drugim i trzecim magnesem, trzecim i czwartym. Przeanalizuj otrzymane wyniki.

Wyjaśnienie:

Wiesz już, że magnesy zbliżone do siebie biegunami jednoimiennymi odpychają się. Na podstawie trzeciej zasady dynamiki Newtona można stwierdzić, że magnesy odpychają się siłami o tych samych wartościach.

Po dołożeniu trzeciego magnesu mamy do czynienia z większą ilością działających sił tzn. między magnesem pierwszym i drugim, drugim i trzecim. Siła ciężkości trzeciego magnesu musi być zrównoważona przez siłę odpychającą pochodzącą od drugiego magnesu. Oznacza to, że na drugi magnes działa nie tylko jego siła ciężkości, ale i siła reakcji pochodząca od trzeciego magnesu.

Wyjaśnijmy to jeszcze raz: jeżeli nad dolnym magnesem wisi tylko jeden magnes, musi być on odpychany w górę siłą równą jego ciężarowi. Jeśli nad dolnym magnesem wiszą dwa magnesy (masa dwukrotnie większa), odpychająca siła magnetyczna musi być dwa razy większa. Dwa razy większa siła odpychająca występuje, jeśli magnesy są bliżej siebie.



Rysunek 2: Schemat pokazujący oddziaływania między magnesami. Magnesy pozostają w spoczynku, więc siły na nie działające pozostają w równowadze.

Po dołożeniu następnego magnesu ponownie odległości między magnesami ulegają zmianie, ponieważ dodatkowa siła ciężkości powoduje kolejne siły reakcji między sąsiadującymi magnesami.

Uwagi metodologiczne:

1. Doświadczenie to, oprócz ilustracji oddziaływania między magnesami, jest jednym z najlepszych dydaktycznie przykładów na III zasadę dynamiki Newtona. Rozważmy po kolei siły działające na poszczególne magnesy na powyższym rysunku.

1) na magnes najwyższy (nr 3) musi działać siła równoważąca jego ciężar $F_{32}=mg$

2) źródłem tej siły może być tylko magnes nr 2. Magnes nr 2 działa siłą F_{32} na magnes nr 3. Wskutek III zasady, magnes 3 działa siłą równą co do wartości ale o przeciwnym zwrocie na magnes nr 2 (siła F_{23}). Jeżeli magnes nr 2 pozostaje w spoczynku (a tak jest, bo „wisi”), to siła ta musi być zrównoważona przez inną siłę. Źródłem tej innej siły może być tylko magnes nr 1 (siła F_{12}). Magnes nr 1 musi wywierać na magnes nr 2 siłę równoważącą zarówno F_{32} jak i siłę ciężkości działającą na magnes nr 2. Mamy więc $F_{12} = -F_{23} - mg = -2mg$.

3) kontynuując ten tok myślenia dochodzimy do wniosku, że na podstawę działa siła $F_{21} = -3mg$.

Innymi słowy, na podstawkę ciążyą wszystkie trzy magnesy, mimo, że między sobą nie stykają się. Siły przenoszą się na odległość.

2. Przypominamy jak specyficzna była konfiguracja biegunów w magnetycznych pieczętkach i kulkach „geomagu”. W magnetycznych „obwarzankach” jest ona nie mniej ciekawa: przeciwstawne bieguny magnesów znajdują się w górnej i dolnej podstawie obwarzanka.

3. Bardzo ciekawe jest wprowadzenie w drgania góra - dół najwyższego obwarzanka: zaczynają się poruszać wszystkie magnesy. Wzdłuż kolumny propaguje swego rodzaju fala (podłużna, jak fala głosowa).

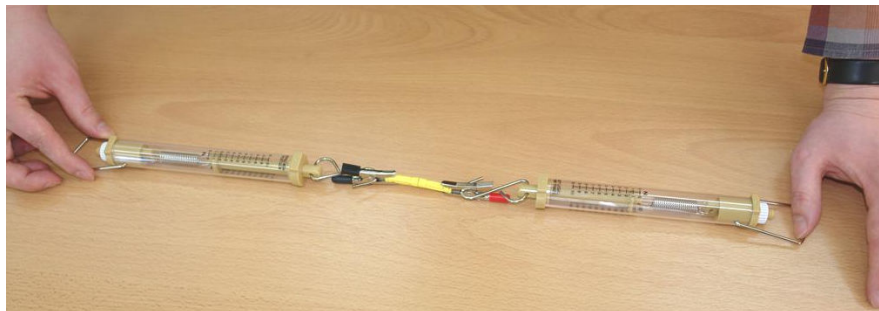
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

3.4. Siła przyciągania: pomiar przy użyciu dynamometru

Cel: badanie (ilościowe) siły przyciągania między dwoma patyczkami magnetycznymi.

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa magnetyczne patyczki (GEOMAG™)
- dwa połączenia krokodylowe
- dwa dynamometry



Zdjęcie 1. Badanie siły przyciągania przy użyciu dynamometru.

Wykonanie:

Weź dwa pręciki magnetyczne, złącza krokodylowe i dynamometry. Patyczki zbliż biegunami różnoimiennymi, połącz je z dynamometrami tak, jak pokazuje powyższe zdjęcie. Następnie odczytaj wartość siły przyciągania z dynamometrów, porównaj odczytane wartości. Zastanów się, jak wyjaśnić wskazania dynamometrów.

Wyjaśnienie:

Wiesz już, że magnesy zbliżone do siebie biegunami różnoimiennymi przyciągają się. Magnes pierwszy przyciąga magnes drugi siłą o pewnej wartości (odczytałeś ją z dynamometru). Korzystając z trzeciej zasady dynamiki Newtona wiesz, że oddziaływania są wzajemne czyli magnes drugi przyciąga magnes pierwszy z siłą o tej samej wartości (co odczytałeś z drugiego dynamometru).

Uwagi metodologiczne:

Doświadczenie jest znacznie dokładniejsze, jeśli do pomiaru siły użyjemy prostej elektronicznej wagi kuchennej. Wagi te mają zazwyczaj podstawki ze stali magnetycznej, więc „patyczek” geomag stoi na niej stabilnie. Waga mierzy siłę ciężkości działającą na ten patyczek. Zbliżanie do stojącego patyczka innego magnesu, przeciwnym biegunem, powoduje powstanie siły przyciągającej, stojący patyczek pozornie traci na wadze. Możliwy jest dokładny pomiar siły przyciągania magnesów w funkcji ich wzajemnej odległości.

Uwaga: zbliżanie tym samym biegunem nie mierzy wagi drugiego magnesu, ale siłę z jaką nasza ręka dociska do siebie dwa magnesy.

Pamiętać też należy, że w odróżnieniu od oddziaływań elektrycznych, w oddziaływaniach magnesów występujących sił jest więcej: oddziałują zarówno bieguny te blisko siebie, jak i te z przeciwnych końców magnesu.

3.5. Siła odpychania: magnesy sztabkowe (GEOMAGTM) w rurce

Cel: badanie siły odpychania między dwoma patyczkami magnetycznymi.

Środki dydaktyczne: z zestawu doświadczalnego UMK:

- dwa magnetyczne patyczki (GEOMAGTM)
- plastikowa rurka
- linijka



Zdjęcie 1. Badanie siły odpychania.

Wykonanie:

Jeden patyczek magnetyczny wrzucić do rurki plastikowej, której koniec oparty jest np. o ławkę. Włożyć do rurki drugi magnetyczny patyczek skierowany tym samym biegunem do pierwszego patyczka. Zmierzyć odległość między nimi.

Wyjaśnienie:

Magnetyczna siła odpychania zależy od odległości między magnesami oraz wartości biegunów. Zachodzi tu pewne podobieństwo, chociaż jedynie dość ogólne, z oddziaływaniem ładunków elektrycznych, których to oddziaływanie opisał Coulomb. Można zapisać siłę Coulomba dla biegunów magnetycznych:

$$F = k \frac{\mu_0 \mu_r m_1 m_2}{r^2},$$

gdzie: m_1 , m_2 – magnetyzacja; r – odległość, k – współczynnik proporcjonalności.

Widzisz, że siła odpychania jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między biegunami. Sformułowanie to oznacza, że im dalej patyczki będą znajdowały się od siebie, tym wartość siły odpychania będzie mniejsza. Obserwowaliśmy podobną zależność w doświadczeniu z magnetycznymi „obwarzankami”.

Uwaga dydaktyczna:

W rzeczywistości siła oddziaływania między biegunami magnesów ma bardziej skomplikowaną zależność, ale wykracza to poza kurs fizyki na poziomie szkoły średniej. (zob. np. Mazzoldi i in. Fisica II – elettromagnetismo, Zanichelli editore, Padova)

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

3.6: Tory kulek w polu magnetycznym

Cel: badanie wpływu pola magnetycznego na ruch metalowej kulki

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes sztabkowy
- „rynienka” z aluminium lub drewna
- stalowa kulka



Zdjęcie1. Ruch kulki w polu magnetycznym.

Wykonanie:

Przytrzymaj rynienkę tak, by była lekko uniesiona w górę, a drugi koniec oprzyj o stół, następnie włóż w nią kulkę. Zaobserwuj, jak porusza się kulka po stole. Wykonaj dokładnie to samo, ale tym razem poproś kolegę / koleżankę o pomoc, aby w pobliżu wylotu do rynienki umieścił(a) magnes. Jak teraz porusza się kulka?

Wyjaśnienie:

W pierwszym przypadku kulka porusza się po stole po linii prostej wzdłuż rynienki, wówczas na kulkę działa tylko siła grawitacji. Po zbliżeniu magnesu kulka nie porusza się po linii prostej, ale zaczyna skręcać. Jej tor ruchu jest krzywoliniowy. Przyczyną takiego ruchu jest to, że zaczyna działać dodatkowa siła – siła magnetyczna. Magnes oddziałuje na kulkę i powoduje, że zmienia się kierunek jej ruchu.

Uwagi metodologiczne:

1. Jest to bardzo ciekawe doświadczenie, wprowadzające do pozornie innego działu fizyki, jakim jest fizyka jądrowa. Otóż odchylenie od toru prostoliniowego zależy od: 1) „siły” magnesu, 2) odległości początkowej trajektorii (prostoliniowej) od magnesu, 3) masy kulki oraz 4) jej prędkości początkowej.

Doświadczenie to bardzo przypomina doświadczenia Rutherforda nad rozpraszaniem cząstek alfa w folii złota.

Uczniowie mogą przeprowadzić „prawdziwe” pomiary rozpraszania, zmieniając kąt nachylenia i położenie początkowe kulki oraz odległość toru od magnesu. Z odrobiną cierpliwości, doświadczenie to może służyć do pomiaru prędkości kulki na końcu równi.

4.1: Magnes zakręcający na równi pochylej

Cel: badanie istnienia ziemskiego pola magnetycznego

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes (cylindryczny)
- równia pochyła



Zdjęcie 1. Magnes na równi pochylej.

Wykonanie:

Ustaw magnes na szczycie równi i przyjrzyj się, w jaki sposób porusza się w dół. Po jakim torze porusza się magnes? Jaki może być tego przyczyna?

Zmień orientację równi i puść magnes ponownie. Znajdź taką orientację, aby magnes poruszał się po linii prostej.

Wyjaśnienie:

Magnes porusza się po torze krzywoliniowym – skręca. Działają na niego siły: grawitacji oraz jeszcze jedna siła, która pochodzi z „wnętrza Ziemi” – siła magnetyczna. Gdyby nie działała ta druga siła, magnes poruszałby się po linii prostej. Siła magnetyczna pochodząca od Ziemi przyczynia się do zakrzywiania toru ruchu magnesu. Ziemia ma dwa bieguny magnetyczne tak, jak magnes sztabkowy. Magnes zakręca, ponieważ oddziałuje z polem magnetycznym Ziemi. Ustawia się, jak igła magnetyczna, w kierunku północ- południe.

Uwagi metodologiczne

1. Doświadczenie jest bardzo proste a przynosi zaskakujący wynik. O ile jesteśmy przyzwyczajeni, że pole magnetyczne odchyła „lekkie” obiekty jak igły magnetyczne, to nie spodziewamy się podobnego efektu dla „ciężkich” magnesów. W rzeczywistości, jak to pokazuje doświadczenie powyższe i doświadczenia z pływającymi łódkami, pole magnetyczne Ziemi działa na wszystkie magnesy.

2. W doświadczeniu bardzo istotne jest nachylenie równi oraz jej kierunek w stosunku do linii sił pola ziemskiego. Zaznaczając jeden z biegunów magnesu (bieguny znajdują się zazwyczaj na podstawach cylindra), możemy pokazać, że odwrócenie biegunów powoduje zakrzywienie w odwrotnym kierunku. Jeżeli magnes nie zbacza, to stacza się on w kierunku wschód-zachód. Dlaczego?

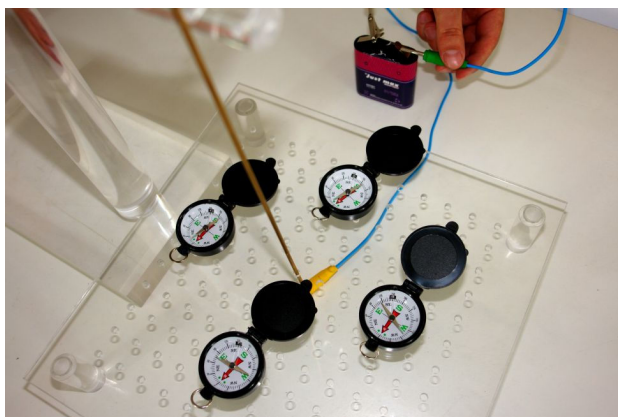
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

5.2. Doświadczenie Oersteda – wersja pionowa (czyli doświadczenie Ampere’a).

Cel: zbadanie zjawiska powstawania pola magnetycznego wokół przewodnika, przez który płynie prąd.

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- przewodnik z mosiądzu,
- bateria 4.5 V,
- 4 kompasy,
- 4 krokodylki,
- 2 kable,
- stolik z pleksi z krótkimi nogami,
- uniwersalny statyw.



Zdjęcie 1. Zestaw do prezentacji pionowej wersji doświadczenia Oersteda.

Wykonanie:

Umieszczamy cztery kompasy wokół pionowo ustawionego przewodnika z mosiądzu, który jest częścią obwodu elektrycznego. Gdy obwód elektryczny jest otwarty, igły wszystkich kompasów wskazują kierunek północ – południe. Zamknij obwód. Co się dzieje z igłami w kompasach?

Wykonaj doświadczenie jeszcze raz, z inną wartością prądu przepływającego przez przewodnik lub umieszczając magnesy w bliższej (dalszej) odległości od przewodnika. Jak zmieniają się wychylenia igieł?

Wyjaśnienie:

Gdy zamykamy obwód, przez przewodnik płynie prąd elektryczny, a igły w kompasach obracają się. W omawianym doświadczeniu pokazujemy, że prąd elektryczny może być źródłem siły magnetycznej oraz że linie pola magnetycznego mają kształt okręgów. Od Ampere’a pochodzi ta część doświadczenia, która pokazuje, że natężenie pola magnetycznego (i jego indukcja B) maleje wraz ze wzrostem odległości od przewodu i jest proporcjonalne do natężenia prądu:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

gdzie μ_0 jest przenikalnością magnetyczną próżni ($=4\pi \cdot 10^{-7}$ N/Am). Jest to ogólny wzór opisujący prawo Ampere'a dla przewodu prostoliniowego.

Pole magnetyczne wytworzone przez przewód składa się w polu magnetycznym Ziemi, które jest całkiem spore!

Uwagi metodologiczne:

1. Linie siła pola dookoła przewodnika liniowego (w powyższej geometrii) są okręgami. Kierunki igieł magnetycznych powinny więc tworzyć elementy okręgu. W rzeczywistym doświadczeniu, przynajmniej z prądami o „rozsądnym” natężeniu (<10 A) igły odchylają się, ale nie tworzą regularnego okręgu. Dlaczego?

Powodem jest znowu pole magnetyczne Ziemi. Co więcej, doświadczenie to (i następne) mogą służyć do pomiaru wartości indukcji pola magnetycznego Ziemi. Załóżmy, że przez przewód przepływa prąd 10 A, a igła znajduje się w odległości 10 cm. Zgodnie z powyższym wzorem indukcja B w odległości 10 cm od przewodnika wyniesie $2 \cdot 10^{-5}$ T. Pole magnetyczne Ziemi ma wartość około $3 \cdot 10^{-5}$ T. Pole wytworzone przez przewód jest więc prawie takie same jak pole ziemskie.

Igła wskaże kierunek będący wypadkową dwóch pól – ziemskiego i pochodzącego od przewodu z prądem. Pomiar kąta pod jakim wychyla się igła od kierunku północ-południe w obecności dodatkowego pola pozwala na wyznaczenie wielkości pola magnetycznego Ziemi. (zob. materiały „Supercomet2” na www.dydaktyka.fizyka.umk.pl).

2. Doświadczenie jeszcze raz pokazuje wszechobecność (i stosunkowo duże natężenie) ziemskiego pola magnetycznego. Należy dodać, że ani Mars ani Wenus nie mają własnego pola magnetycznego. Pola magnetyczne chroni Ziemię przed napływem szkodliwych dla istot żywych, elektrycznie naładowanych cząstek ze Słońca (głównie protonów i wysokoenergetycznych elektronów).

Co więcej, ostatnie badania wskazują, że z pola magnetycznego Ziemi korzystają żółwie morskie powracające do swoich miejsc lęgowych dla złożenia jaj oraz słowiki odlatujące na zimę ze Szwecji na południe. Niewykluczone, że zmysł „magnetyczny” może być obecny również wśród innych istot żywych.

Zob. G. Karwasz „Magnetic turtles” na <http://modern.fizyka.umk.pl/>



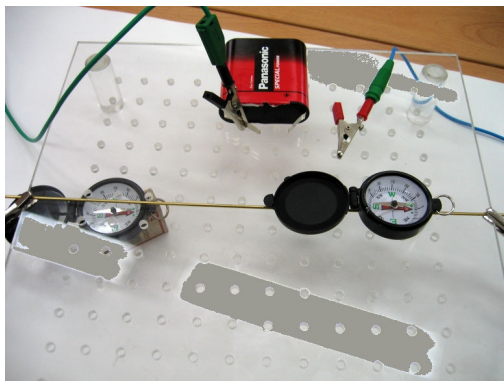
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

5.3. Doświadczenie Oersteda – wersja pozioma.

Cel: zbadanie zjawiska powstawania pola magnetycznego wokół przewodnika, przez który płynie prąd.

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

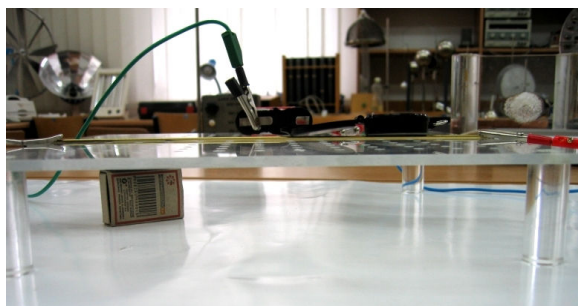
- przewód z mosiądzu,
- bateria 4.5 V,
- 2 kompasy,
- 4 krokodyłki i 2 kabelki,
- stolik z pleksi z krótkimi nogami.



Zdjęcie 1. Zestaw do prezentacji poziomej wersji doświadczenia Oersteda.

Wykonanie:

Położ przewód z mosiądzu na stoliku z pleksi. Ustaw dwa kompasy (nad i pod przewodem, połów pudełko zapalek) w pobliżu prostego przewodu z mosiądzu. Połącz ten przewód za pomocą 2 kabli i 4 krokodyłków do baterii 4,5 V.



Zdjęcie 2. Sposób połączenia wszystkich elementów doświadczalnych.

Wyjaśnienie:

Umieszczamy dwa kompasy dokładnie nad i pod prostoliniowym przewodnikiem, który jest częścią obwodu elektrycznego. Prostoliniowy przewodnik jest równoległy do kierunku północ – południe, wyznaczonego przez kompasy. Podłącz uchwyty zaciskowe do baterii 4,5 V i zamknij obwód elektryczny. Co się dzieje? Przyjrzyj się igłom w kompasach. Jak można to wytłumaczyć?

Igła kompasu obraca się, dopóki nie znajdzie się w położeniu prostopadłym do przewodnika z mosiądzu. Kierunek wskazywany przez igłę jest przeciwny do kompasu umieszczonego pod przewodnikiem, w nawiązaniu do tych dwóch umieszczonych nad przewodnikiem. Jeśli odwrócimy kierunek przepływu prądu w przewodniku, to również położenie igieł w kompasach się zmieni na przeciwne. W 1820 roku Oersted pokazał, że prąd elektryczny może być źródłem pola magnetycznego. Pole magnetyczne istnieje nad i pod przewodnikiem. Jego kierunek ulega zmianie, gdy zmienia się kierunek przepływu prądu.

Powtórz doświadczenie zmieniając kierunek przepływu prądu.

Uwagi metodologiczne:

1. Ważne jest, aby pokazać jak odchyła się igła położona nad przewodem i pod przewodem (służy do tego stolik z plexi).

2. Podobnie jak w poprzednim doświadczeniu, odchylenie igły może być wykorzystane do znalezienia wielkości pola magnetycznego Ziemi. Ograniczeniem pomiaru jest wielkość prądu przepływającego przez przewodnik. Rozsądną granicą w dłuższych pomiarach są 3 A na 1 mm^2 przewodnika.

Użycie baterii jest poważnym ograniczeniem – dużo lepiej wykorzystać jakikolwiek zasilacz prądu stałego, choćby prostownik do akumulatorów samochodowych.

3. Istnieją udokumentowane dane historyczne wskazujące, że doświadczenie „Oersteda” przeprowadził po raz pierwszy, w 1802 roku, prawnik z Trydento, Giandomenico Romagnosi. Jego praca na ten temat, zgłoszona na konkurs rozpisany przez Napoleona została negatywnie oceniona przez Ampera, który napisał, że nie ma nic bardziej absurdałnego jak twierdzenie, że istnieje jakikolwiek związek między zjawiskami elektrycznymi a magnetycznymi.

Oersted przebywał w Paryżu w czasie rozstrzygnięcia konkursu. Z powodów politycznych, Romagnosi trafił, co prawda na krótko, do więzienia (austriackiego). Po ogłoszeniu pracy Oersteda Romagnosi próbował protestować, ale bez skutku.

Zob. S. Stringari, Romagnosi and discovery of electromagnetism, Atti dell'Accademia dei lincei, Rzym, 1998.

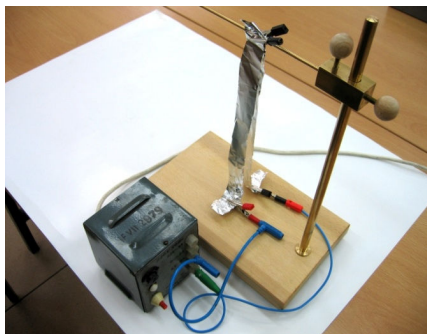
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

5.4: Siła magnetyczna między dwoma równoległymi przewodami (doświadczenie Ampère'a)

Cel: badanie oddziaływania między przewodami, przez które przepływa prąd elektryczny

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwa kable z połączeniem krokodylowym
- dwa paski folii aluminiowej
- zasilacz niskiego napięcia (np. 12 V), możliwie dużego prądu (do 10 A)
- statyw



Zdjęcie 1. Ustawienie zestawu do demonstracji doświadczenia Ampère'a.

Wykonanie:

Do statywu przymocuj dwa paski folii aluminiowej – tak jak pokazano to na zdjęciu 1. Następnie połącz je z zasilaczem. Włącz zasilacz. Zaobserwuj, co się dzieje z paskami. Jak myślisz, dlaczego się odpychają?

Wyjaśnienie:

Paski z folii aluminiowej są przymocowane w taki sposób do statywu, że są do siebie równoległe. Paski stanowią część obwodu elektrycznego, a więc przepływa przez nie prąd. Kierunek przepływu prądu jest antyrównoległy tzn. prąd w paskach płynie w przeciwnych kierunkach. Z pewnością zauważyłeś, że paski działają na siebie siłami odpychającymi. Jak już wiesz wokół przewodu, przez który przepływa prąd powstaje pole magnetyczne. Paski są właśnie przewodami z prądem, więc wokół nich też powstaje pole magnetyczne. Stąd można wnioskować, że między paskami działają magnetyczne siły odpychające. Jak z pewnością pamiętasz, dwa magnesy odpychają się, gdy zbliżysz je biegunami jednoimiennymi. Podobnie jest w przypadku przewodników z prądem tzn. w przewodniki odpychają się, ponieważ powstające dwa pola magnetyczne są zwrócone tymi samymi biegunami. Można to sprawdzić korzystając z reguły prawej dłoni.

Paski są z cienkiej folii aluminiowej, gdyż siła działająca jest niewielka. Przyjmijmy, że paski są odległe o $r=1$ cm, o długości $l=20$ cm i płynie przez nie prąd $I=10$ A. Do obliczenia tej siły musimy najpierw (z prawa Ampère'a) znaleźć wielkość indukcji pola.

Korzystamy ze wzoru $B = \mu_0 I / 2\pi r = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 10 / 0,01$ [T] = $2 \cdot 10^{-4}$ T

Siłę działającą (na cały pasek) obliczamy ze wzoru $F = IBl = 10 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2$ [N] = $4 \cdot 10^{-4}$ N

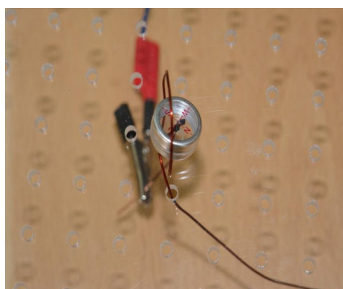
Przypominamy, że definicja ampera (a przez to i kulomba) korzysta z powyższego wzoru.

5.5 a): Pole magnetyczne wewnątrz pojedynczej cewki

Cel: badanie istnienia pola magnetycznego wewnątrz pojedynczego zwoju przewodnika

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- cewka z jednym zwojem
- kompas
- 2 złącza krokodylowe
- bateria
- stolik z pleksi



Zdjęcie 1. Ustawienie zestawu do demonstracji powstawania pola magnetycznego wewnątrz cewki.

Wykonanie:

Przełóż końce cewki pod spód stolika. Następnie włóż kompas w cewkę i podłącz ją do baterii. Co się dzieje?

Wyjaśnienie:

Płynący przez cewkę prąd podobnie, jak w przypadku przewodu prostoliniowego, wywołuje powstanie pola magnetycznego, o czym świadczy ruch igły kompasu. Igła ustawia się prostopadle do cewki.

Podsumowując linie pola magnetycznego wewnątrz cewki są do niej prostopadłe.

Uwagi dydaktyczne:

1. Początkowe ustawienie (geograficzne) kompasu (i cewki) należy wybrać tak, aby igła magnetyczna była równoległa do zwoju.

2. Dysponując zasilaczem o regulowanej wartości prądu można pokusić się o wyznaczenie wielkości indukcji pola magnetycznego Ziemi. Ustawivszy początkowo cewkę i kompas równoległe do kierunku północ-południe zwiększamy stopniowo natężenie prądu i mierzymy kąt, o jaki wychylił się kompas. Natężenie pola na osi pojedynczej pętli z prądem obliczamy ze wzoru $B = \mu_0 I / r$

(Do wyprowadzenia tego wzoru trzeba skorzystać z prawa Biota-Savarta, co jest bardziej skomplikowane niż korzystanie z prawa Ampère'a).

Tangens kąta wychylenia jest równy stosunkowi pola B wytworzonego przez cewkę i pola ziemskiego B_0 : $\tan \varphi = B/B_0$

Wartość (składowej poziomej) indukcji pola ziemskiego wynosi około $0,3 \cdot 10^{-4} \text{T}$.

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

5.5 b) Pole magnetyczne wewnątrz solenoidu

Cel: badanie istnienia pola magnetycznego wewnątrz solenoidu

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- solenoid
- kompas
- 2 złącza krokodyłowe
- bateria
- stolik z pleksi



Zdjęcie 1. Ustawienie zestawu do demonstracji powstawania pola magnetycznego wewnątrz solenoidu.

Wykonanie:

Przełóż końce solenoidu pod spód stolika. Następnie włóż kompas w solenoid i podłącz go do baterii. Co się dzieje?

Wyjaśnienie:

Po podłączeniu solenoidu do baterii igła kompasu porusza się i ustawia się prostopadle do zwojów solenoidu. Płynący przez solenoid prąd wywołuje powstanie pola magnetycznego wewnątrz solenoidu. Prostopadłe ustawienie się igły, świadczy o tym, że linie pola magnetycznego wewnątrz solenoidu są do siebie równoległe. Można stwierdzić, że pole magnetyczne powstające wewnątrz i wokół solenoidu jest podobne do pola magnetycznego magnesu sztabkowego.

Uwagi dydaktyczne:

Podobne uwagi dydaktyczne jak do ćwiczenia poprzedniego stosują się również do badania pola wewnątrz cewki. Przypominamy, że pole wewnątrz (idealnej, tj. nieskończenie długiej) cewki zależy tylko od natężenia prądu I i ilości n , zwojów *na jednostkę długości*

$$B = \mu_0 I n$$

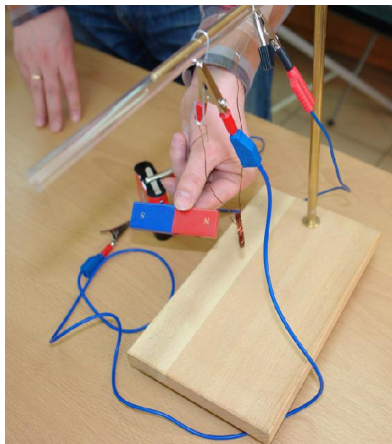
a jest niezależne od wielkości geometrycznych, jak długość cewki lub jej promień. Jest to wygodne w rozwiązywaniu zadań, ale kłopotliwe dla konstruktorów cewek do generacji silnych pól: zwiększając ilość zwojów na jednostkę długości rosną kłopoty z odprowadzaniem ciepła a i sama cewka coraz mniej przypomina cewkę *idealną*, tzn. nieskończenie długą i nieskończenie cienką.

5.5 c) Wzajemne oddziaływanie cewki i magnesu

Cel: badanie istnienia pola magnetycznego wewnątrz solenoidu

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- statyw oraz plastikowa rurka
- 2 złącza krokodyłowe i 2 spinacze
- cewka
- magnes sztabkowy



Zdjęcie 1. Ustawienie zestawu.

Wykonanie:

Na metalową część statywu nałóż plastikową rurkę. Rozegnij spinacze i zamocuj je tak, jak widać to na zdjęciu. Zawieś na spinaczach cewkę. Połącz spinacze z baterią za pomocą złączy krokodyłowych. Następnie do cewki zbliż magnes biegunem północnym. Zaobserwuj, co się dzieje. Odwróć magnes i zbliż go do cewki biegunem południowym. Co się dzieje?

Wyjaśnienie:

Jak już wiesz, przepływowi prądu przez przewodnik towarzyszy powstanie pola magnetycznego. Jeśli dodatkowo przewodnik z prądem umieścimy w polu magnetycznym, czyli zbliżymy do niego magnes, to wówczas na cewkę zaczyna działać dodatkowa siła, która przyczynia się do ruchu cewki. Siła ta nazywana jest siłą elektrodynamiczną (lub siłą Lorentza). Siła elektrodynamiczna zależy od kierunku pola magnetycznego (na pewno zauważyłeś, że odwrócenie magnesu spowodowało zmianę kierunku ruchu cewki), kierunku przepływu prądu i jego natężenia.

Uwagi metodologiczne:

Wyjaśnienie przyczyny siły Lorentza (1853-1928) $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ (lub $\mathbf{F} = I \mathbf{l} \times \mathbf{B}$) nie jest takie proste. Najprostsze wyjaśnienie zostało dane przez Einsteina i dotyczy ono przykładu dwóch równoległych przewodników (doświadczenie 5.4): wskutek względnego ruchu ładunków w obu przewodnikach „długość” tych ładunków ulega skróceniu. Oddziaływanie magnetyczne jest równoważne oddziaływaniu elektrostatycznemu nieskompensowanych (bo we wzajemnym ruchu) gęstości ładunków.

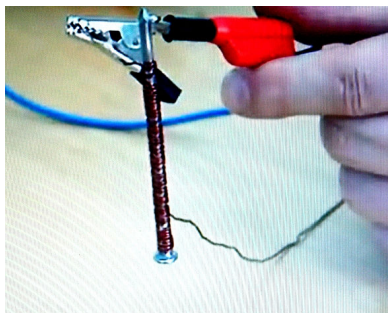
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

5.6. Żelazny rdzeń umieszczony wewnątrz cewki

Cel: badanie własności żelaznego rdzenia umieszczonego wewnątrz cewki

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- złącza krokodyłowe
- miedziany przewód
- gwóźdź
- bateria



Zdjęcie 1. Prosty elektromagnes.

Wykonanie:

Na gwóźdź nawinąć przewód miedziany i za pomocą dwóch złączy krokodyłowych podłączyć przewód do baterii. Następnie zbliżać przedmioty wykonane z różnych materiałów np. spinacze, szpilki, ołówki, linijkę. Zauważyć, co się dzieje.

Wyjaśnienie:

Po połączeniu zestawu przez przewód przepływa prąd, a wokół przewodu powstaje pole magnetyczne. Jak zauważyliśmy (-eś), zestaw zachowuje się tak jak magnes, to znaczy przyciąga przedmioty wykonane z żelaza lub stopów metali zawierających żelazo (lub kobalt, lub nikiel) np. stalowe spinacze. Urządzenia, w których żelazny rdzeń umieszczony jest wewnątrz cewki i które po podłączeniu do źródła prądu stają się silnymi magnesami nazywamy elektromagnesami. Służą one do podnoszenia ciężkich stalowych elementów na złomowiskach.

Uwagi dydaktyczne:

1. Oczywiście i bez rdzenia cewka mogłaby być elektromagnesem. Obecność rdzenia z żelaza „wzmocnia” pole. Rzeczywiście, wzrost wartości *indukcji* pola generowanego przez cewkę z rdzeniem można uznać za swoisty efekt „wzmocnienia”: pole cewki ustawia domeny magnetyczne w ferromagnetyku równoległe do pola, tak że pole cewki jest większe, nawet o czynnik 100 i więcej.

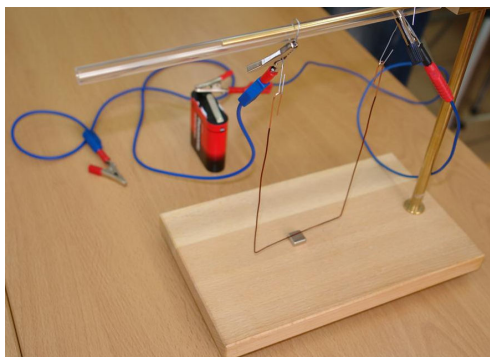
2. We wzorze na wartość indukcji $B = \mu_0 \mu_R I n$ (lub $B = \mu_0 \mu_R H$) pojawia się μ_R , czyli względna przenikalność magnetyczna. O ile łatwo podać wartość μ_R dla diamagnetyków i paramagnetyków (w obu przypadkach μ_R niewiele różni się od jeden) to dla ferromagnetyków nie jest to takie proste. Wartość μ_R zmienia się w zależności od pola zewnętrznego, aż do wartości kiedy wzrost pola H nie powoduje dalszego wzrostu indukcji B (czyli pole H osiąga wartość nasycenia dla danego materiału). Dla niektórych stopów kobaltu i niklu (tzw. *mumetal*) wartości μ_R dochodzą do 40.000 i więcej.

6.1. Doświadczenie Pohl'a (siła działająca na ramkę z prądem)

Cel: badanie siły działającej na ramkę z prądem umieszczoną w polu magnetycznym

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- 2 przewody ze złączami krokodyłowymi
- ramka wykonana z miedzi
- statyw
- magnes neodymowy (najlepiej kwadratowy)
- bateria
- 2 spinacze



Zdjęcie 1. Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Ramkę zamocuj na statywie przy pomocy spinaczy. Pamiętaj o nałożeniu plastikowej "nakładki" na uchwyt statywu, aby nie przewodził prądu. Pod ramkę podłóż magnes neodymowy. Ramkę połącz z baterią. Zwróć uwagę na to, co dzieje się z ramką. Następnie połącz ramkę tak, aby odwrócić kierunek przepływu. Jak w tym przypadku zachowuje się ramka? Odwróć magnes. Jak teraz ramka się wychyla? Zmień kierunek przepływu prądu.

Wyjaśnienie:

Na pewno zauważyłeś, że po połączeniu ramki z baterią, ramka wychyliła się. Zwróć uwagę na to, że fragment poziomy przewodu jest ustawiony prostopadle do magnesu (a dokładnie pola magnetycznego). Przyczyną wychylenia się ramki jest działająca na nią siła. Jest to siła Lorentza. Siła ta działa na przewody, przez które przepływa prąd elektryczny i które umieszczone są w polu magnetycznym. Po odwróceniu kierunku przepływu prądu ramka wychyliła się w przeciwną stronę.

Wiesz, że prąd elektryczny jest uporządkowanym ruchem elektronów. Przypominamy, że elektron jest cząstką elementarną obdarzoną ładunkiem ujemnym. Elektrony w przewodzie poruszają się z pewną prędkością - $\vec{v}$. Dodatkowo nasz przewód jest umieszczony w polu magnetycznym o pewnym natężeniu - $\vec{B}$. Na poruszające się w polu magnetycznym ładunki działa siła Lorentza:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}.$$

Między prędkością i natężeniem pola magnetycznego występuje symbol $\times$, którym oznaczamy się tzw. iloczyn wektorowy. Iloczyn wektorowy zależy od kąta φ , jest to kąt między

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

wektorami prędkości i natężenia pola magnetycznego, wzór można zapisać w innej postaci:

$$F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin\varphi,$$

gdzie $\sin\varphi$ jest funkcją o określonych wartościach. W przypadku, gdy kąt φ był równy 90° , a $\sin 90^\circ = 1$, więc wzór uprości się do postaci:

$$F = |q| \cdot v \cdot B$$

W przypadku, gdy przewód ustawiony byłby równolegle do pola magnetycznego (czyli magnesu), siła byłaby równa zero, ponieważ $\sin 0^\circ = 0$. Funkcja sinus może przyjmować wartości od 0 do 1, tzn., że dla kątów ostrych przyjmuje ona wartości mniejsze niż 1, a im większy kąt, tym większa wartość funkcji sinus. Można powiedzieć, że im większy kąt (w zakresie kątów ostrych), tym większą wartość będzie miała siła Lorentza.

Powyższy wzór można jeszcze przekształcić korzystając ze wzoru na natężenie prądu elektrycznego:

$$I = \frac{q}{t},$$

a stąd mamy:

$$q = I \cdot t.$$

Poza tym można założyć, że elektrony poruszają się ruchem prostoliniowym jednostajnym przebywając drogę równą długości przewodu - L znajdującego się w polu magnetycznym z prędkością - v :

$$L = v \cdot t.$$

Z tego wzoru wyznaczamy czas:

$$t = \frac{L}{v}.$$

Wstawiamy wyrażenie określające czas do wzoru na ładunek:

$$q = I \frac{L}{v}.$$

Ostateczny wzór na siłę działającą na przewodnik z prądem umieszczonym w polu magnetycznym, prostopadłym do przewodnika:

$$F = I \frac{L}{v} \cdot v \cdot B$$
$$F = I \cdot L \cdot B$$

Powyższa zależność dotyczy przewodnika umieszczonego prostopadle do pola magnetycznego. Chcąc uogólnić powyższy wzór, trzeba uwzględnić inne położenie przewodnika, co można zrobić poprzez wstawienie iloczynu wektorowego:

$$\mathbf{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$$

Widać, że siła działająca na przewodnik, przez który przepływa prąd, zależy od natężenia prądu, długości przewodu umieszczonego w polu magnetycznym oraz indukcji pola magnetycznego B .

Podsumowując: na przewód znajdujący się w polu magnetycznym i przez którym przepływa prąd działa siła Lorentza. Siła ta zależy od: wartości i prędkości przepływających ładunków, wartości natężenia pola magnetycznego i kąta między wektorem prędkości a wektorem natężenia pola magnetycznego. Siła Lorentza nie działa na przewód, gdy jest on ułożony równolegle do linii pola magnetycznego. Największą wartość siły przyjmuje, gdy przewód jest ustawiony prostopadle do linii pola magnetycznego.

Uwagi dydaktyczne:

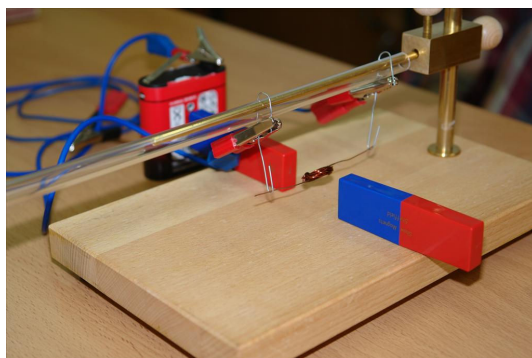
Magnesy neodymowe nie wytwarzają *jednorodnego* pola w dużym obszarze, tak jak duże magnesy podkowiaste, co nie przeszkadza jednak w przeprowadzeniu doświadczenia.

6.2. Zwój z przewodnika między biegunami magnesów

Cel: badanie siły działającej na zwój umieszczony w polu magnetycznym

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- zwój z przewodnika
- 2 przewody ze złączami krokodyłowymi
- bateria
- 2 spinacze
- 2 magnesy sztabkowe
- statyw



Zdjęcie 1. Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Na statywie zamocuj za pomocą spinaczy zwój z przewodnika, pamiętaj o umieszczeniu plastikowej nakładki na ramię statywu. Ustaw dwa magnesy skierowane do siebie przeciwnymi biegunami (tak jak pokazano to na zdjęciu powyżej). Podłącz za pomocą złączy krokodylowych baterię i zwój z przewodnika. Co się dzieje? Następnie podłącz baterię odwrotnie, by zmienić kierunek przepływu prądu. Co zaobserwowałeś? Przetaw magnesy - zamień bieguny. Jak teraz zachowuje się zwój?

Wyjaśnienie:

Podobnie, jak w poprzednim doświadczeniu (6.1.) zwój zaczyna się poruszać. Tym razem nie jest to jednak tylko wychylenie, ale obrót wykonywany przez zwój. Po zmianie kierunku przepływu prądu, zwój obraca się w przeciwną stronę niż za pierwszym razem. Gdy zamienimy bieguny magnesów, wówczas też zmienia się kierunek obrotu zwoju. Ponownie przyczyną ruchu zwojnicy jest działanie siły Lorentza. Tym razem siła ta działa w ruchu po okręgu, gdyż zwój w przybliżeniu jest okręgiem.

Przypominamy, że siła Lorentza zależy od wartości i prędkości poruszających się ładunków oraz natężenia pola magnetycznego.

Uwaga dydaktyczna:

Pamiętajmy też, że zwój przewodnika z prądem jest *dipolem* magnetycznym, czyli zachowuje się jak magnes sztabkowy. Obrót zwoju to jakby ustawianie się magnesu sztabkowego w polu magnetycznym Ziemi (zob. doświadczenie z pływającymi magnesami).

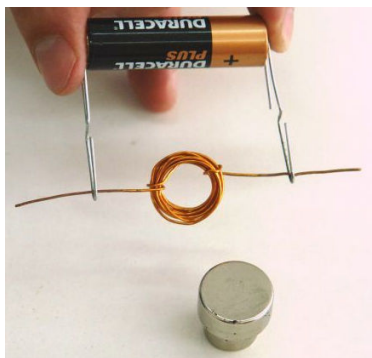
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

6.3.a. Silnik na spinaczach

Cel: badanie siły działającej na zwoj umieszczony w polu magnetycznym

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- zwoj z przewodnika
- 2 spinacze
- bateria paluszek
- magnes neodymowy



Zdjęcie 1. Model silnika na spinaczach.

Wykonanie:

Końce spinaczy ułóż na końcach baterii, a po przeciwnej stronie włóż zwoj z przewodnika. Trzymając baterię zbliż ją do magnesu. Co się dzieje? Odwróć magnes tak, aby był ustawiony do baterii przeciwnym biegunem niż za pierwszym razem. Jak zachowuje się teraz zwoj?

Wyjaśnienie:

Powyższy model jest modelem silnika elektrycznego na prąd stały, który ma szerokie zastosowanie w wielu urządzeniach. Zwoj z przewodnika obraca się, ponieważ znajduje się w polu magnetycznym i przepływa przez niego prąd. Źródłem prądu jest bateria - paluszek, a obwód jest zamknięty dzięki spinaczom i zwojowi. Po umieszczeniu obwodu w pobliżu magnesu na zwoj zaczyna działać znaną Ci już siła Lorentza. Po odwróceniu magnesu zmienia się kierunek pola magnetycznego, więc zwoj obraca się w przeciwną stronę niż za pierwszym razem.

Uwaga dydaktyczna:

Skonstruowaliśmy prosty silnik elektryczny. „Prawdziwy” silnik prądu stałego używa *komutatorów* dla zmiany kierunku przepływu prądu po obrocie silnika o 180°. Nasz silnik takiego komutatora nie posiada. Dlaczego więc kręci się? Powinien zatrzymać się po wykonaniu półobrotu.

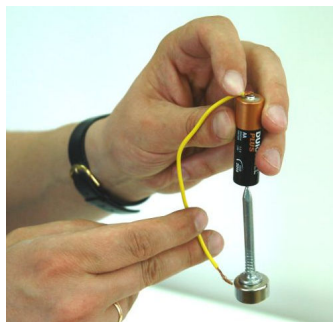
Przewodnik jest częściowo izolowany, kontakty przewodnika ze spinaczami nie są doskonałe, magnes nie jest doskonałym dipolem, koniec końców, raz zakręcony silnik kręci się!

6.3.b. Silnik z "jedną pętlą"

Cel: badanie zasady działania silnika elektromagnetycznego

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- bateria paluszek
- gwóźdź
- magnes neodymowy
- kawałek przewodu izolowanego



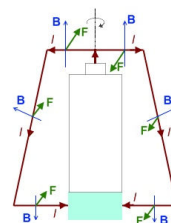
Zdjęcie 1. Model silnika z "jedną pętlą".

Wykonanie:

Zdejmij izolację z końców przewodnika. Na magnesie postaw gwóźdź, a na nim baterię i przytrzymaj ją palcami. Całą konstrukcję podnieś w górę, aby nie dotykała podłoża. Jednym końcem przewodu dotknij do magnesu, a drugim do baterii. Zaobserwuj co się dzieje? Dotykaj końcem przewodu do różnych części magnesu. Dla jakiego położenia przewodu przy magnesie obraca się on najszybciej, a dla jakiego najwolniej?

Wyjaśnienie:

Silnik ten jest bardzo podobny do silnika z następnego doświadczenia (6.3c). Na półpętli z przepływającym prądem działa siła Lorentza, jak na schemacie obok.



Rys. 2. Siły działające na dwie pętle z przewodnikiem
K. Gołębiowski, W. Peeters i G. Karwasz „Mikser z magnesem (na deser)” Foton **104**, Wiosna 2009.

Pętla powinna się więc kręcić. Ale ten jest przytrzymywany ręką, tym razem nie porusza się przewód, ale magnes. Dzieje się tak, gdyż przewód - pętla jest przytrzymywana ręką, zatem zgodnie z trzecią zasadą dynamiki (akcja i reakcja) magnes się obraca.

Na pewno zauważyłeś, że magnes się nie obraca - zatrzymuje się, gdy przewód dotyka magnes na dole. W takim ustawieniu przewód obejmuje oba bieguny magnesu i wypadkowy strumień pola magnetycznego jest zerowy. Jeśli przewód dotyka magnes w połowie jego wysokości, to przewód obejmuje tylko jeden biegun i magnes obraca się najszybciej.

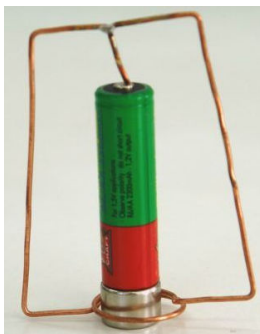
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

6.3.c. Silnik z dwoma "skrzydełkami" (silnik - mikser)

Cel: badanie zasady działania silnika elektromagnetycznego

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- bateria paluszek
- magnes neodymowy
- ramka z przewodnika w kształcie trapezu "z pętlą"



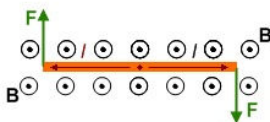
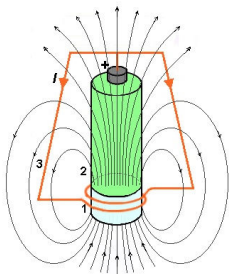
Zdjęcie 1. Silnik - mikser.

Wykonanie:

Baterię postaw na magnesie. Na baterii oprzyj ramkę, jak pokazano na zdjęciu. Co się dzieje? Odwróć magnes, jak teraz zachowuje się ramka? Odwróć baterię, jak się porusza ramka?

Wyjaśnienie:

Przez obie części ramki (lewą i prawą) przepływa prąd. Obwód jest zamknięty dzięki temu, że co jakiś czas pętla dotyka do magnesu. Jednocześnie magnes wytwarza pole magnetyczne, które oddziałuje z ramką. Na skutek działania siły Lorentza ramka obraca się tak długo, dopóki utrzymuje się na baterii. Po odwróceniu baterii zmienia się kierunek przepływu prądu, co z kolei powoduje zmianę kierunku obrotu ramki. Jak pokazuje poniższy rysunek, układ linii pola magnetycznego i kierunki przepływu prądu są takie, że na każdy element ramki działają momenty sił w tym samym kierunku, zgodnie ze wzorem $\mathbf{F} = I \mathbf{L} \times \mathbf{B}$.



Rys. 1 Rozkład linii pola magnetycznego w obszarze silnika (lewy panel) i siły działające na górny element ramki (widok z góry).

K. Gołębiowski, W. Peeters i G. Karwasz „Mikser z magnesem (na deser)” Foton **104**, Wiosna 2009.

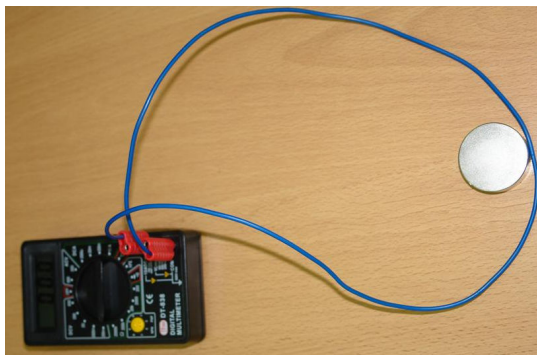
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/Pliki/Mikser_z_magnesem_na_deser.pdf

7.1. Siła elektromotoryczna indukowana w poruszającym się przewodzie

Cel: badanie powstawania prądu indukcyjnego w przewodzie

Środki dydaktyczne: z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- przewód
- miernik



Zdjęcie 1. Sposób ustawienia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Włącz miernik i wybierz odpowiedni zakres pomiarów dla prądu przemiennego. Podłącz przewód do miernika, a w pobliżu przewodu umieść magnes neodymowy. Poruszaj przewodem, co pokazuje miernik? Spróbuj poruszać magnesem w pobliżu przewodu, czy miernik coś wskazuje? Spróbuj poruszać równocześnie przewodem i magnesem. Zaobserwuj wskazania miernika.

Wyjaśnienie:

We wszystkich przypadkach miernik pokazuje pewną wartość, która się zmienia. W doświadczeniach tych mamy do czynienia z przepływem prądu, mimo że nie ma żadnego źródła prądu. Zbliżając i oddalając magnes od przewodu powodujemy, że w pobliżu przewodu zmienia się pole magnetyczne - gdy magnes jest blisko przewodu jest ono "silniejsze", a gdy magnes jest dalej - pole jest "słabsze".

Mówiąc, że pole jest "słabsze" lub "silniejsze" mamy na myśli nie tyle wartość pola (czyli jego indukcji B) ale wartość strumienia pola magnetycznego (czyli iloczyn natężenia pola i powierzchni) obejmującego przewód. W wyniku zmian pola magnetycznego objętego przez obwód, w obwodzie zaczyna płynąć prąd tzw. prąd indukcyjny, którego przepływ jest wywołany względnym ruchem przewodu i magnesu (niezależnie od tego czym poruszamy).

Uogólniając można stwierdzić, że zmienne pole magnetyczne wymusza czyli indukuje powstanie i przepływ prądu w przewodnikach.

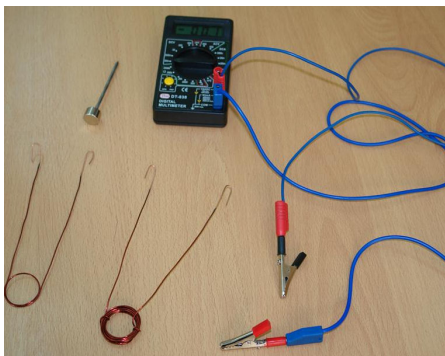
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

7.2. Siła elektromotoryczna indukowana w cewce

Cel: badanie powstawania prądu indukcyjnego w cewce

Środki dydaktyczne: z zestawu doświadczalnego UMK:

- magnes neodymowy
- gwóźdź
- 2 cewki o różnych liczbach zwojów
- 2 przewody zakończone złączem krokodylowym
- miernik



Zdjęcie 1. Elementy z zestawu doświadczalnego potrzebne do wykonania doświadczenia

Wykonanie:

Włącz miernik i wybierz odpowiedni zakres pomiarów dla prądu przemiennego. Podłącz przewody do miernika, a następnie połącz je jedną z cewek. Trzymaj cewkę w górze jedną ręką, a drugą ręką przysuwaj i odsuwaj gwóźdź z magnesem do cewki. Zaobserwuj wskazania miernika. Odwróć magnes, jakie są teraz wskazania miernika? Trzymaj magnes nieruchomo, a poruszaj cewką - zbliżaj i oddalaj ją. Co wskazuje miernik? Powtórz wszystkie czynności dla drugiej cewki. Zwróć uwagę na wskazania miernika.

Powtórz doświadczenie zmieniając szybkość względnego ruchu cewki i magnesu. Jeżeli masz do dyspozycji magnesy (neodymowe) o różnych średnicach, powtórz doświadczenie dla różnych magnesów. Kiedy mierzone napięcie jest większe (choćby chwilowo): kiedy względny ruch jest wolniejszy/ szybszy? kiedy magnes jest większy/ mniejszy?

Wyjaśnienie:

W doświadczeniach miałeś do czynienia ze zjawiskiem powstawania prądu indukcyjnego w cewce, którego przyczyną były: ruch magnesu względem cewki, ruch cewki względem magnesu. Ogólnie można powiedzieć, że względny ruch cewki i magnesu indukuje w cewce przepływ prądu, co rejestruje miernik - jego wskazania.

Najbardziej dokładne jest stwierdzenie, że zmienne pole magnetyczne powoduje przepływ prądu elektrycznego przez cewkę. Wewnątrz przewodu, z którego zbudowana jest cewka znajdują się elektrony. Zmienne pole magnetyczne przyczynia się do "popchnięcia" niektórych elektronów - do wyprowadzenia ich w ruch.

Wprawienie w ruch elektronów oznacza, że powstała siła elektromotoryczna - w skrócie SEM, a za jej powstanie odpowiada zmiana pola magnetycznego.

Mówiąc, że zmienia się pole magnetyczne mamy na myśli, dokładniej, zmianę strumienia pola magnetycznego Φ :

$$\Phi = BS,$$

gdzie B - indukcja magnetyczna, S - pole powierzchni objęte przez strumień.

W naszym przypadku S jest stałe. Gdy przysuwamy magnes w czasie Δt , to B rośnie i równocześnie wzrasta Φ . Gdy odsuwamy magnes, to B i maleje Φ . Podsumowując zmiana strumienia jest równa:

$$\Delta\Phi = BS$$

Gdy strumień pola magnetycznego przechodzący przez pętlę (cewkę) zmienia się w czasie, to SEM jest równa szybkości zmian tego strumienia. Dla cewki o n zwojach SEM jest równa:

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Wsuwając magnes do cewki powodujemy wzrost strumienia, ponieważ rośnie indukcja pola magnetycznego. Indukowany prąd wytwarza własne pole magnetyczne, którego zwrot jest przeciwny do zwrotu pola magnetycznego magnesu. Gdy odsuwamy magnes, strumień maleje, bo maleje indukcja pola magnetycznego. Wówczas indukowany prąd zmienia kierunek przepływu, dlatego na mierniku pojawiały się przeciwne znaki - raz minus a za chwilę plus. Równocześnie zmienia się zwrot pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd w cewce. Ogólnie można powiedzieć, że indukowany prąd próbuje przeciwstawić się zmianom strumienia. Jest to tzw. reguła Lenza.

Wyjaśnijmy to dokładniej: jeżeli magnes wprowadzamy do cewki, to indukowany prąd jest taki, że magnes jest z cewki *wypychany*, jeżeli magnes wysuwamy z cewki, to indukowany prąd wciąga magnes do środka.

Reguła Lenza nie jest niczym innym jak przejawem zasady *zachowania energii*: prąd nie indukuje się z niczego, ale z pracy siły zewnętrznej (energii kinetycznej wody w turbinie elektrowni wodnej, energii kinetycznej wiatru w elektrowni eolicznej itd.)

Uwagi dydaktyczne:

Tradycyjnie wyjaśnia się przepływ prądu jako oddziaływanie zmiennego pola magnetycznego na elektrony w przewodniku. Poprawnej interpretacji zjawiska indukcji dostarczają jednak tylko prawa Maxwella: indukowana „siła elektromotoryczna” to właściwie indukowane *pole* elektryczne, dookoła zmiennego pola magnetycznego.

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

To pole elektryczne wywołuje ruch elektronów! Dlaczego taka interpretacja jest poprawniejsza?

Otóż, taka interpretacja oznacza, że pole elektryczne może powstać również bez przewodnika, czyli w próżni! Innymi słowy, taka interpretacja wyjaśnia powstawanie *fal elektromagnetycznych*.

To że indukowane pole elektryczne jest prostopadłe to kierunku zmian pola magnetycznego pokazuje nasze doświadczenie z magnesem spadającym w miedzianej rurce z podłużnymi szczelinami.

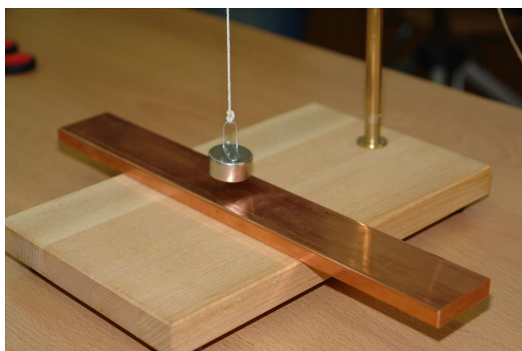
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

7.3.a. Leniwe wahadło

Cel: badanie powstawania prądów wirowych

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- spinacz
- sznurek
- statyw
- miedziana sztabka



Zdjęcie 1. Leniwe wahadło

Wykonanie:

Przywiąż sznurek do spinacza. Spinacz połóż na magnesie. Na podstawie statywu pod magnesem połóż miedzianą sztabkę. Wychyl magnes z położenia równowagi. Przyjrzyj się, jak zachowuje się magnes.

Wyjaśnienie:

Z poprzednich doświadczeń wiesz, że zmienne pole magnetyczne indukuje przepływ prądu w przewodniku. W tym doświadczeniu jest podobnie. Magnes wychylony z położenia równowagi porusza się jak wahadło, ale w zwolnionym tempie. Przyczyną takiego ruchu magnesu jest miedziana sztabka, a dokładnie to, co się dzieje z elektronami przewodnictwa w jej wnętrzu, z pewnością pamiętasz, że miedź jest przewodnikiem.

Nad sztabką znajduje się wahający się magnes. Zmienne pole magnetyczne (magnes się porusza) powoduje, że wewnątrz sztabki indukują się prądy, tak samo jak w przypadku cewki. O ile jednak w przypadku cewki prądy płyną w dobrze określonym kierunku (tj. wzdłuż drutu), to w sztabce miedzi prądy mogą płynąć we wszystkich kierunkach. I tak się właśnie dzieje!

W jakich kierunkach płyną indukowane prądy? W takich, jak to definiuje reguła Lenza: zawsze tak, że pole magnetyczne wytworzone przez indukowane prądy przeciwstawia się zmianom *zewnętrznego* pola magnetycznego.

Korzystając z prawa Ohma wiemy, że wartość prądu zależy od oporu obwodu. W przypadku przewodnika o dużej masie - takiego jak sztabka miedziana, wartość oporu jest mała. Z kolei

mała wartość oporu umożliwia powstanie prądów wirowych o znacznej wartości, nawet gdy pole magnetyczne zmienia się wolno. Wartość natężenia prądów wirowych można obliczyć w przybliżeniu ze wzoru:

$$I_{\text{wir}} \sim f B_{\text{max}} \sigma,$$

gdzie f - częstotliwość zmian pola magnetycznego, B_{max} - amplituda zmian indukcji, σ - przewodność właściwa ciała.

Zagadnienie:

„Normalne” wahadło nie zatrzymuje się w położeniu równowagi, ale wychyla się w drugą stronę, po czym wraca. „Leniwe” wahadło staje w położeniu równowagi. Gdzie się podziewa jego energia kinetyczna?

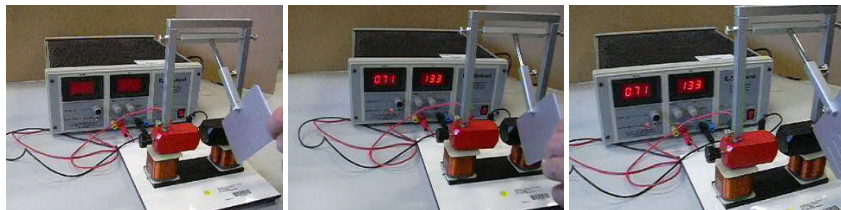
Oczywiście, energia kinetyczna wahadła jest źródłem powstania prądów indukowanych. Te z kolei, przepływając w materiale o określonej oporności, wytwarzają ciepło.

Uwagi dydaktyczne:

1. Doświadczenie pokazuje jeszcze raz, że powstająca siła elektromagnetyczna zależy od *strumienia* pola magnetycznego (a w zasadzie od szybkości jego zmian). W doświadczeniu używamy magnesu o dużej powierzchni: strumień pola jest więc duży (wszystkie magnesy neodymowe wytwarzają pola o indukcji rzędu 1 T na ich powierzchni).

2. Powstające prądy nazywamy prądami „wirowymi”. W rzeczywistości ich kierunek jest określony przez regułę Lenza. W obecnym doświadczeniu, przesuwającego się magnesu nad płytką miedzi, prądy te płyną w przekroju poprzecznym płytki. Siła hamująca zależy więc od grubości płytki; można powtórzyć doświadczenie dla cieńszej blachy miedzianej – efekt hamowania będzie znacznie słabszy.

3. Do pokazania prądów indukowanych w materiale służy też doświadczenie w konfiguracji jak na zdjęciach poniżej. Blacha aluminiowa waha się między nabiegunnikami elektromagnesu. Jeśli przez elektromagnes nie przepływa prąd, ruch ten nie jest hamowany. Kiedy prąd przepływa (drugie zdjęcia) blacha jest silnie hamowana (zob. filmy w wersji internetowej). Ruch nie jest hamowany, jeśli blacha ma nacięcia jak grzebień (trzecie zdjęcie).



Zdjęcie 2. Doświadczenie ilustrujące prądy wirowe

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

7.3.b. Hamulec elektromagnetyczny

Cel: badanie wpływu prądów wirowych na ruch tarczy

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- statyw (z cienkim ramieniem) i drewniana oś (patyk do szaszłyków)
- tarcza aluminiowa w kształcie koła (dno jednorazowego talerza aluminiowego)
- magnes neodymowy
- gwóźdź



Zdjęcie 1. Hamulec elektromagnetyczny.

Wykonanie:

Do statywu przymocuj cienkie ramię, a na nie nałóż aluminiową tarczę. W pobliżu tarczy ustaw magnes, a na nim gwóźdź. Zakręć delikatnie tarczę. Zaobserwuj, jak porusza się tarcza.

Powtórz doświadczenie trzymając magnes nieco dalej od tarczy. Policzb, ile obrotów wykona talerz, przy takim samym zakręceniu jak poprzednio.

Wyjaśnienie:

Tak jak w poprzednim doświadczeniu 7.3.a mamy do czynienia z prądami wirowymi. Tym razem jednak magnes się nie porusza, ale w ruch jest wprawiona tarcza aluminiowa. Aluminium tak jak miedź jest przewodnikiem prądu. Poszczególne "kawałki" tarczy zbliżają i odsuwają się od źródła pola magnetycznego czyli od magnesu. Wybierając jeden mały "kawałek" tarczy możemy powiedzieć, że znajduje się w zmiennym polu magnetycznym, więc w jego wnętrzu indukuje się prąd elektryczny. Składając wszystkie "kawałki" w tarczę, można powiedzieć, że cała tarcza znajduje się w niejednorodnym (czyli zmiennym) polu magnetycznym. Dlatego w całej tarczy indukują się prądy wirowe, dzieje się to wewnątrz przewodzącej aluminiowej płyty. Należy pamiętać, że prądy wirowe są prądami zmiennymi.

Przepływający prąd powoduje wydzielanie się ciepła. Energia kinetyczna tarczy zamienia się więc w ciepło – tarcza zatrzymuje się.

Doświadczenie dodatkowe:

Indukowane prądy nie zawsze muszą powodować zatrzymanie się obiektu. W doświadczeniu pokazanym w Internecie, pierścień z miedzi umiesiliśmy w *zmiennym* polu magnetycznym, wytworzonym przez dużą cewkę podłączoną do sieci. Pierścień, początkowo w spoczynku, zaczyna się poruszać po włączeniu zmiennego pola magnetycznego.

http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/157

7.3.c. Pijany magnes

Cel: badanie przyczyny krzywoliniowego ruchu magnesu na miedzianej równi

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- miedziana sztabka



Zdjęcie 1. Sposób przeprowadzenia doświadczenia

Wykonanie:

Zbuduj równię pochylą ze sztabki miedzianej i np. pudełka po zapalniczkach (tak jak pokazano to na zdjęciu powyżej). Na szczycie równi ustaw magnes ("na kant") i przyjrzyj się, w jaki sposób się porusza. Zmień kąt nachylenia równi poprzez zmianę punktu jej podparcia czyli ustawienie pudełka. Czy zmiana kąta nachylenia równi zmienia tor ruchu magnesu? Kładź magnes w różnych punktach równi, bliżej i dalej od jej brzegu i obserwuj, jak się porusza.

Wyjaśnienie:

Na pewno zauważyłeś, że niezależnie od kąta nachylenia i położenia początkowego magnesu porusza się po pewnej krzywej (czasem po prostej, ale nie jest to tak interesujące). Można nawet powiedzieć, że zatacza się po równi od prawej do lewej strony, ale nie z niej nie spada.

Zauważmy przede wszystkim, że staczanie się magnesu po równi z miedzi jest znacznie wolniejsze niż po równi drewnianej (doświadczenie 4.1). Powodem spowolnienia ruchu są prądy wirowe, tak jak w kilku innych doświadczeniach z obecnego rozdziału. Obecne doświadczenie pokazuje jednak nieco więcej: magnes nie tylko spowalnia, ale „broni się” przed spadnięciem z równi!

To jasne! Gdyby magnes spadł z miedzianej płytki, to strumień pola magnetycznego wewnątrz tej płytki spadłby do zera. A to byłoby znaczną zmianą. Reguła Lenza mówi, że takim zmianom przeciwstawiają się indukowane prądy elektryczne.

W jakim kierunku płyną te prądy? W takim, aby magnes nie spadł, o ile „próbuję” spaść.

Uwaga dydaktyczna:

Wszystkie te doświadczenia są znakomitą ilustracją prawa Lenza: magnes nie spada z równi, sztabka miedziana jest raz wciągana, raz wypychana. Zjawisko indukcji jest takie, że stara się „zapobiec” zmianie strumienia magnetycznego. „Prądy wirowe” są korzystnym pojęciem, ale traktujmy je jako swego rodzaju metaforę dydaktyczną. Prądy indukowane powinniśmy raczej nazywać prądami Lenza (a właściwie Faradaya-von Neumana-Lenza-Foucalta), jako że w odkryciu praw indukcji uczestniczyli uczeni różnych nacji).

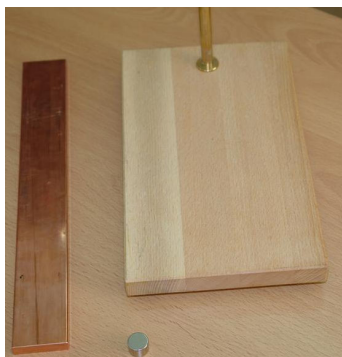
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

7.3.d. Magnes zsuwający się po miedzianej równi

Cel: badanie przyczyny zsuwania się magnesu na miedzianej równi

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- miedziana sztabka
- statyw



Zdjęcie 1. Potrzebne elementy z zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Oprzyj miedzianą sztabkę o statyw. Na szczycie równi połóż magnes (tym razem "płasko", tak jak pokazano na zdjęciu). Zaobserwuj, w jaki sposób porusza się magnes. Odwróć magnes i przyjrzyj się jego ruchowi.

Wyjaśnienie:

Jest to kolejne doświadczenie potwierdzające istnienie prądów indukowanych w przewodniku pod wpływem zmian zewnętrznego pola magnetycznego. wirowych. Magnes nie porusza się szybko po równi, jak podpowiada intuicja, ale zsuwa się powoli. Gdyby na magnes działała tylko siła grawitacji, to zsunąłby się w krótszym czasie. Zastanówmy się dlaczego magnes zsuwa się wolniej.

Wybermy jeden punkt na równi - niech będzie to punkt znajdujący się w połowie długości sztabki. Gdy magnes zsuwa się ze szczytu, zbliża się do środka, ale gdy go minie - oddala się od niego. Środek równi znajduje się pod wpływem *zmieniającego się* pola magnetycznego. Najpierw indukcja tego pola wzrasta – magnes się zbliża, a gdy magnes już minie środek indukcja pola maleje. Dla dowolnego punktu na miedzianej równi pole magnetyczne ulega zmianie. Indukowane są więc w sztabce prądy elektryczne.

Gdy pole magnetyczne rośnie, indukowane prądy mają taki kierunek, że *wytworzone* przez te prądy *nowe* pole magnetyczne *odpycha* zbliżający się magnes. Gdy magnes się oddala, powstające prądy mają taki kierunek, że magnes jest *przyciągany*.

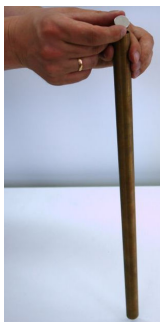
Rozumowanie to możemy powtórzyć dla dowolnego punktu miedzianej sztabki. W rezultacie, ruch magnesu zostaje spowolniony a początkowa energia potencjalna magnesu na górze równi zamienia się w ciepło wytworzone przez indukowane prądy.

7.3.e. Spadający magnes w miedzianej rurze (bez nacięć i z nacięciami)

Cel: badanie ruchu magnesu w miedzianej rurze

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- miedziana rura bez nacięć
- miedziana rura z nacięciami



Zdjęcie 1. Sposób wykonania doświadczenia.

Wykonanie:

Do miedzianej rury bez otworów wrzucić magnes. Słysząc, jak się obija o ściany rurki? Popatrz, jak magnes porusza się w jej wnętrzu. Jak określiłbyś, „co robi magnes”?

Podaj rurkę ze spadającym magnesem w środku koledze. Magnes nadal jest w środku rurki?

Ten sam magnes wrzucić do miedzianej rury z nacięciami. Jak się tym razem porusza? Opisz słownie ten sposób spadania.

Wyjaśnienie:

W przypadku rury miedzianej bez nacięć magnes poruszał się w charakterystyczny sposób: nie tylko spada powoli, ale spada *nie dotykając* ścianek rurki. Tak jakby byłby od tych ścianek odpychany! Można powiedzieć, że magnes „lewituje”.

Poruszający się wewnątrz rury bez nacięć magnes wywołał powstanie przepływu prądu. Ponownie mamy do czynienia ze zmiennym polem magnetycznym, które wywołuje przepływ prądu. W jakim kierunku płyną te prądy? Zgodnie z regułą Lenza w takim, aby pole magnetyczne *indukowane* (czyli wytworzone przez indukowane *prądy*) przeciwstawiało się ruchowi magnesu. Ponieważ magnes *spada*, indukowane prądy *podtrzymują* magnes – wydaje się, że magnes *lewituje* (jak latający spodek, o ile takie istnieją).

Spadający magnes ma bieguny skierowane pionowo – indukowany magnes też powinien być ustawiony w pionie. Z doświadczeń z cewkami wiemy już, że wytwarzają pole wzdłuż ich osi. Czyli w rurce indukowane prądy muszą tworzyć okręgi, po obwodzie rurki.

W rurce z nacięciami te okręgi zostały przecięte. Prądy są nadal indukowane, ale nie mają one *właściwego* kierunku. Magnes więc nie może lewitować i spada obijając się o wnętrze rurki (obejrzyj to dokładnie i wyciągnij wnioski samodzielnie).

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

Uwagi dydaktyczne:

Wbrew „widowiskowemu” charakterowi doświadczenia w rurce z nacięciami, jest to doświadczenie bardzo trudne i w zasadzie „zastrzeżone” dla dydaktyki na poziomie uniwersyteckim.

Idea tego doświadczenia zrodziła się z dydaktyki na Uniwersytecie w Trydencie, gdzie bardzo dobrze skąd inąd przygotowani studenci mieli poważne kłopoty z połączeniem „klasycznego” sformułowania prawa indukcji z prawami Maxwella

Podręcznikowe sformułowanie prawa indukcji operuje pojęciem „siły elektromotorycznej” $\mathcal{E}$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

i strumienia pola magnetycznego Φ_B . O ile strumień pola magnetycznego występuje również w równaniach Maxwella (w równaniach Maxwella dla *próżni*, w szczególności), to siły elektro-motorycznej w równaniach tych nie ma.

Co to jest siła elektromotoryczna? W zadaniach z bateriami i opornikami jest to „siła”, która powoduje przepływ prądu. Dokładniej, jest to napięcie mierzone na baterii, kiedy prąd *nie przepływa*, lub innymi słowy na baterii bez oporu *wewnętrznego*, albo napięcie mierzone miernikiem o *nieskończenie dużej* oporności wewnętrznej.

W każdym bądź razie, dla zdefiniowania siły elektromotorycznej musi istnieć przewód elektryczny, tworzący obwód a w tym obwodzie miernik napięcia (woltomierz). Taka próżnia oczywiście próżnią już nie jest! Czy w próżni bez przewodnika (i elektronów w nim zawartych) można poprawnie zapisać prawo indukcji?

Oczywiście, ale musimy najpierw przypomnieć czym jest napięcie. Zgodnie z prawami elektrostatyki, napięcie jest całką z pola elektrycznego. Napięcie to jakby różnica wysokości między piętrami w szkole. Pole elektryczne (albo grawitacyjne) to przyczyna staczania się po schodach lub drodze o określonym nachyleniu. Aby stwierdzić, ile wynosi różnica między poziomami w szkole, musimy policzyć ilość schodów (i znać ich nachylenie).

Matematycznie różnica potencjałów U_{AB} między punktami A i B jest równa całce z pola elektrycznego po trajektorii od A do B (iloczyn skalarny pojawia się, gdyż zarówno pole $\mathbf{E}$ jak i element $d\mathbf{l}$ trajektorii są wektorami a znak minus gdyż pole elektryczne ma zwrot w kierunku malejącego potencjału).

$$V_{AB} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

Jako przyczynę przepływu prądu podajemy zazwyczaj różnicę potencjału między końcami przewodnika. Tak! tak jest, ale równie dobrze (i nawet właściwiej) można stwierdzić, że powodem przepływu prądu jest *pole* elektryczne wewnątrz przewodnika. Oczywiście! Bo w jaki sposób elektrony w środku przewodnika mają „wiedzieć”, że na jego końcach istnieje różnica potencjałów? (Rozumowanie to odnajdujemy w podręcznikach uniwersyteckich w rozdziałach o „mikroskopowym ujęciu prawa Ohma”.)

Jesteśmy już gotowi do zapisania prawa indukcji w postaci prawa Maxwella

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Całka po trajektorii zamkniętej pojawia się, gdyż szukamy nie jakiegokolwiek różnicy potencjałów ale *siły elektromagnetycznej* czyli różnicy potencjałów dla obwodu *zamkniętego*.

Nacięcia w rurce to właśnie zamiana całki z całki po prostej trajektorii w postaci okręgu na całkę po jakiejś skomplikowanej wstążce między szczelinami. Prądy indukowane powstają,

ale nie mają już „właściwego”, obwodowego kierunku – magnes obija się o ścianki i przykleja do rurki właśnie wzdłuż szczelin.

Uprozczone wyjaśnienie doświadczenia w rurce z nacięciami jest oczywiście możliwe, ale nauczyciel powinien mieć świadomość, że nacięcia w rurce pojawiły się nie przypadkowo, ale jako odpowiedź na trudności dydaktyczne na poziomie uniwersyteckim. A za szczególnie niewłaściwe dydaktycznie należy uznać porównywanie czasów spadków. Bo i tak czasów tych *policzyć* nie umiemy!

Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

7.3.f. Łagodnie lądujący magnes

Cel: badanie przyczyny łagodnego lądowania magnesu

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- magnes neodymowy
- gwóźdź
- miedziana sztabka



Zdjęcie 1. Potrzebne środki dydaktyczne.

Wykonanie:

Położ gwóźdź na magnecie. Na stole ułóż miedzianą sztabkę. Z pewnej wysokości puść magnes z gwoździem. Przyjrzyj się, jak magnes ląduje na sztabce. Puść magnes z innej wysokości. Czy lądowanie wyglądało podobnie jak w poprzedniej sytuacji?

Wyjaśnienie:

Magnes spadając zbliża się do sztabki, więc mamy do czynienia ze zmieniającym się polem magnetycznym (niezależnie od wysokości, z jakiej spada). Bieguny magnesu znajdują się w jego podstawach. Pole magnetyczne w obszarze miedzianej sztabki rośnie szczególnie szybko, gdy magnes na niej „ląduje”.

Pamiętasz, że zmienne pole magnetyczne powoduje przepływ prądu wewnątrz przewodnika - miedzi. Nasz przewodnik ma dużą powierzchnię, więc są to prądy wirowe. To one są odpowiedzialne za "miękkie" lądowanie magnesu. Prądy wirowe przyczyniają się do powstania pola magnetycznego wewnątrz sztabki. Zgodnie z regułą Lenz'a *powstałe* pole magnetyczne przeciwstawia się przyczynie, która je wywołała. Innymi słowy sztabka odpycha magnes i tym samym zapewnia mu łagodne lądowanie.

Doświadczenie dodatkowe:

Umieść sztabkę miedzianą na jakichkolwiek rolkach, np. z dwóch wykałaczek. Przesuwaj magnes w poziomie blisko nad sztabką: zbliżaj szybko magnes do sztabki i oddalaj go od jej brzegu. Co zauważyłeś?

Gdy zbliżamy magnes do sztabki, jest ona odpychana. Gdy oddalamy magnes od sztabki, jest ona przyciągana. Oto cała natura prawa Lenza: zawsze przeciwnie do przyczyny zewnętrznej. Jeśli strumień zewnętrznego pola maleje, to powstające prądy ten strumień *wzmacniają*, czyli magnes indukowany i zewnętrzny (indukujący) przyciągają się. Jeśli strumień pola rośnie, to dwa strumienie (indukowany i indukujący) nawzajem się znoszą: dwa magnesy mają bieguny skierowane przeciwnie (czyli S jednego do S drugiego lub N do N) i się odpychają.

8.1. Latarka "dynamo"

Cel: pokazanie praktycznego zastosowania indukcji elektromagnetycznej

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- latarka "dynamo"



Zdjęcie 1. Latarka "dynamo".

Wykonanie:

Naciskaj kilkakrotnie na rączkę latarki. Co się dzieje? Jak myślisz z jakim zjawiskiem masz do czynienia?

Wyjaśnienie:

Działanie tej latarki opiera się o zjawisko indukcji elektromagnetycznej i zasadę działania dynama rowerowego tzn. energia mechaniczna zamieniana jest w energię elektryczną. Naciskając na rączkę latarki wykonujemy pracę i w jej wyniku rączka zyskuje energię kinetyczną czyli jeden z rodzajów energii mechanicznej. Wewnątrz latarki znajduje się koło zębate, które wprowadzane jest w ruch poprzez naciśnięcie rączki. Powoduje ono ruch, a dokładniej obracanie się magnesu umieszczonego w pobliżu zwojnicy.

Jak wiesz względny ruch magnesu i przewodu powoduje przepływ prądu. Za pomocą przewodu prowadzącego od zwojnicy do żarówki doprowadzany jest ten prąd indukcyjny, a dzięki niemu żarówka świeci. Jeśli będziesz szybciej naciskał na rączkę żarówka zacznie jaśniej świecić, ponieważ napięcie prądu indukcyjnego będzie miało większą wartość. Napięcie prądu zależy od: ilości zwojów w zwojnicy, indukcji pola magnetycznego magnesu i szybkości obrotów magnesu.

Tego typu latarka jest przykładem prostego generatora prądu czyli prądnicy. Prądnica to urządzenie służące do zamiany energii mechanicznej na elektryczną, którego działanie opiera się o zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

Doświadczenie dodatkowe:

Wykręć żarówkę i ponownie uruchom dynamo. Policz, jak długo kręci się magnes przy żarówce wkręconej a jak długo przy żarówce wykręconej.

Sprawdziłeś w ten sposób prawo zachowania *energii*. Jeśli energia nie ma odbiorcy (żarówka nie świeci) to nie jest konsumowana. Energia kinetyczna kręcących się w środku przekładni i magnesu zamienia się wówczas jedynie wskutek tarcia w ciepło: prąd nie jest indukowany!

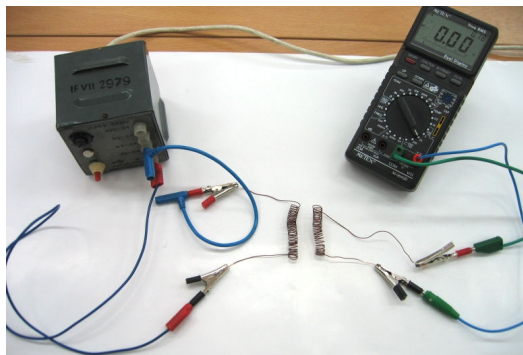
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

9.1. Indukcja w układzie dwóch zwojnic

Cel: badanie sposobów wywołania przepływu prądu indukcyjnego

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwie zwojnice,
- cztery przewody ze złączami krokodyłowymi
- miernik
- generator prądu (nie należy do zestawu)



Zdjęcie 1. Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

1. Jedną ze zwojnic za pomocą przewodów podłącz do generatora prądu stałego. Drugą zwojnicę podłącz do miernika. Poruszaj drugą zwojnicą przybliżając i oddalając ją od pierwszej. Jakie są wskazania miernika?
2. Poruszaj zwojnicą podłączoną do generatora. Czy miernik coś pokazuje?
3. Połóż obie zwojnice, a w pierwszej włączaj i wyłączaj dopływ prądu. Co pokazuje miernik?
4. Ustaw zasilacz tak, aby wytwarzał zmienny prąd. Jakie są wskazania miernika?

Wyjaśnienie:

1. Zastanówmy się nad pierwszą sytuacją - poruszania zwojnicą. Wewnątrz zwojnicy podłączonej do generatora płynie prąd stały, który powoduje powstanie wokół niej pola magnetycznego. Przysuwając i odsuwając drugą zwojnicę powodujemy, że znajduje się ona w silniejszym lub słabszym polu magnetycznym: zmienia się strumień pola objęty przez drugą zwojnicę. Z kolei zmiana strumienia pola magnetycznego wywołuje powstanie siły elektromotorycznej i przepływ prądu indukcyjnego w tej zwojnicy: miernik wskazuje natężenie tego prądu.

2. Gdy przysuwamy i odsuwamy zwojnicę podłączoną do generatora mamy do czynienia z analogiczną sytuacją. Druga zwojnica znajduje się w zmieniającym się strumieniu pola magnetycznego, co wywołuje przepływ przez nią prądu. Uogólniając można powiedzieć, że względny ruch zwojnic indukuje prąd, pod warunkiem, że jednej z nich już przepływa prąd.

3. Trzecie doświadczenie różni się nieco od poprzednich. Nie mamy do czynienia ze względnym ruchem zwojnic, a prąd indukcyjny chwilami płynie - świadczą o tym wskazania

miernika. Tak włączanie jak wyłączanie zasilacza powoduje powstawanie prądu w drugiej zwojnicy. Prąd indukowany płynie jednak *tylko* w momencie włączenia lub wyłączenia zasilacza pierwszej zwojnicy. Jeśli prąd z zasilacza nie zmienia się, prąd w drugiej cewce nie indukuje się.

4. Ostatnie doświadczenie jest zdecydowanie inne, ponieważ przez przewód przepływa prąd zmienny (raz rosnący, raz malejący, zob. rys. 2). W zwojnicy podłączonej do zmiennego źródła napięcia powstaje zmienne pole magnetyczne, które z kolei wywołuje przepływ prądu w drugiej zwojnicy. Ponieważ zmiany prądu zachodzą stale, w drugiej zwojnicy prąd płynie ciągle, ale też jest to prąd o zmieniającym się cyklicznie kierunku. Prąd taki nazywany jest także prądem przemiennym. Prąd w sieci jest prądem przemiennym, zmieniającym kierunek 50 razy na sekundę (60 razy na sekundę w USA).

Podsumowując: aby wywołać przepływ prądu indukcyjnego wcale nie trzeba dysponować magnesem stałym, wystarczy w dowolny sposób wytworzyć zmieniające się pole magnetyczne.

Prąd indukcyjny jest prądem zmiennym. Urządzenia wykorzystujące omówione powyżej zjawisko nazywane są transformatorami. Z pewnych względów (zob. następne ćwiczenie) prąd zmienny jest łatwiej przesyłać z elektrowni do odbiorcy- łatwiej oznacza tu: bezpieczniej i bardziej ekonomicznie.

Uwagi dydaktyczne:

1. Potoczne sformułowanie praw Maxwella mówi, w kontekście powstawania fal elektromagnetycznych, że „zmienne pole magnetyczne powoduje powstanie zmiennego pola elektrycznego i tak wzajemnie”.

Prawo indukcji Faradaya, zob. np. doświadczenie 7.3e mówi co innego: powstające pole elektryczne może być *stale*, o ile zmiana pola magnetycznego jest *jednostajna* (czyli $d\Phi/dt = \text{const}$).

2. Pod koniec XIX wieku znano już zjawisko indukcji Faradaya ale powszechne zastosowanie energii elektrycznej napotykało na trudności techniczne. Chorwacki wynalazca, Nicola Tesla, emigrant w USA uważał, wbrew Edisonowi, że to nie prąd stały może znaleźć szerokie zastosowanie a prąd zmienny. Gdy patenty Tesli zostały wykupione przez Westinghousa, energia elektryczna w krótkim czasie znalazła wykorzystanie do oświetlania miast, do napędzania tramwajów i wszystkich innych zastosowań technicznych.

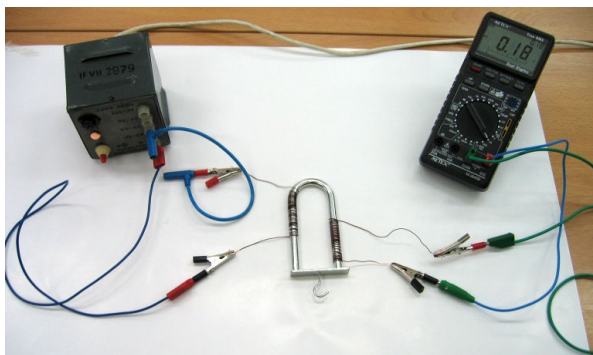
Opisy doświadczeń z elektromagnetyzmu

9.2. Transformator z rdzeniem

Cel: badanie zasady działania transformatora

Środki dydaktyczne z zestawu doświadczalnego:

- dwie zwojnice o różnej liczbie zwojów,
- rdzeń np. ze stali
- cztery przewody ze złączami krokodylowymi
- miernik
- generator prądu (nie należy do zestawu)



Zdjęcie 1. Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego.

Wykonanie:

Nałóż zwojnice na stalową podkowę. Jedną ze zwojnic za pomocą przewodów podłącz do generatora prądu przemiennego, a drugą podłącz do miernika. Zanotuj maksymalne napięcie wytwarzane przez generator i maksymalne napięcie wskazane przez miernik. Zmień napięcie na transformatorze i podobnie zanotuj odczyt. Możesz kilkakrotnie zmieniać napięcie generatora, odczytywać i notować wskazania miernika. Policz ilość zwojów w każdej zwojnicy. Czy zauważyłeś jakąś zależność?

Wyjaśnienie:

Doświadczenie pokazuje, jak działa i do czego służy transformator. Zajmiemy się najpierw sposobem działania. Z doświadczenia 9.1 wiesz, że zmienny prąd płynący przez zwojnicę podłączoną do prądu wywołuje powstanie zmiennego pola magnetycznego, które z kolei przyczynia się do powstania zmiennego prądu indukcyjnego w drugiej zwojnicy. Zwojnica podłączona do generatora nazywana jest uzwojeniem pierwotnym, a druga zwojnica nosi nazwę uzwojenia wtórnego. Stalowa podkowa, na której znajdują się uzwojenia, nazywa się rdzeniem. Natomiast cały układ to transformator.

Zauważyłeś na pewno, że po tej stronie, po której znajduje się więcej zwojów, płynie prąd o większym napięciu (porównaj maksymalne napięcia). Transformator zamienia wartość generowanego napięcia na inną wartość za pomocą różnej liczby zwojów wtórnych i pierwotnych. Istnieje zależność między napięciem a ilością zwojów, która nazywana jest przekładnią transformatora:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

gdzie:

U_2 - napięcie na uzwojeniu wtórnym,

U_1 - napięcie na uzwojeniu pierwotnym,

n_2 - liczba zwojów uzwojenia wtórnego,

n_1 - liczba zwojów uzwojenia pierwotnego

I_2 – prąd w uzwojeniu wtórnym

I_1 – prąd w uzwojeniu pierwotnym

Zgodnie w powyższym wzorem, zmieniając liczbę zwojów, możemy zmienić wartość napięcia prądu indukowanego: większe napięcie na jednym uzwojeniu oznacza mniejszy prąd w tym uzwojeniu. Jest to bardzo pożyteczne podczas przesyłania energii elektrycznej na duże odległości np. z elektrowni do Twojego domu. Przez linie przesyłowe płynie prąd o bardzo dużym napięciu - nazywane są liniami wysokiego napięcia. Natomiast domowe urządzenia korzystają z prądu o napięciu 230V. Po drodze znajdują się transformatory obniżające napięcie do 230V.

Przesyłanie prądu o dużym napięciu (i mniejszym natężeniu) jest obciążone mniejszymi stratami energii niż przesyłanie prądu o małym napięciu (i dużym natężeniu). Wynika to ze wzoru na pracę W wykonywaną przez prąd o natężeniu I przepływającego przez przewodnik o oporze R . Praca ta (i w efekcie wytworzone ciepło) wyrażają się wzorem

$$W = IR^2$$

W Japonii i USA w gospodarstwach domowych używa się napięcia 110 V. W efekcie, dla uzyskania tej samej *mocy* urządzeń wymagane jest dwukrotnie większe natężenie prądu, niż dla napięcia 220 V. Stąd zwoje grubych kabli zwisające z transformatorów na rogach amerykańskich (i japońskich – zdjęcie poniżej) ulic. Napięcie 110 V jest jednak znacznie bezpieczniejsze dla człowieka.

Ostatnie pytanie to, do czego służy stalowy rdzeń. Odpowiedź na to pytanie jest prosta, jeśli przypomnimy sobie, na czym polega zjawisko indukcji: są to zmiany strumienia pola magnetycznego. Otóż rdzeń służy do „zamknięcia” tego strumienia tak, aby cały strumień generowany przez uzwojenie pierwotne przechodził przez uzwojenie wtórne. Wówczas sprawność transformatora jest najwyższa.



Scenariusze zajęć z elektromagnetyzmu z wykorzystaniem toruńskiego zestawu do nauczania elektromagnetyzmu

Autor:
Mgr Magdalena Sadowska

Współpraca:
Prof. dr hab. Grzegorz Karwasz
Mgr Andrzej Karbowski



SPIS TREŚCI

Temat lekcji	Strona
Pole magnetyczne wokół magnesu.	69
Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem.	74
Siła elektrodynamiczna.	79
Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.	84

Temat: Pole magnetyczne wokół magnesu.

Cele lekcji

• ogólny (uczeń):

- dowiadyuje się o istnieniu pola magnetycznego;

• operacyjne (uczeń):

- prezentuje za pomocą np. kompasu istnienie pola magnetycznego wokół magnesu trwałego i Ziemi istnieje pole magnetyczne,
- pokazuje przy użyciu np. dwóch magnesów, że istnieją dwa rodzaje biegunów magnetycznych N i S,
- wykorzystuje igłę magnetyczną do badania pola magnetycznego np.: magnesu sztabkowego, magnesów „na lodówkę”, magnesów – zabawek,
- wykorzystuje „wykrywacz” pola magnetycznego do badania pola magnetycznego np.: magnesu sztabkowego, magnesów „na lodówkę”, magnesów – zabawek,
- na podstawie wykonanych doświadczeń dowiadyuje się, jak oddziałują ze sobą bieguny magnetyczne,
- na podstawie wykonanych doświadczeń dowiadyuje się, że przedmioty wykonane z żelaza magnesują się.

Metody

- *poszukująca*: pogadanka z uczniami (na zasadzie pytań i odpowiedzi);
- *praktyczna*: wykonywanie przez uczniów doświadczeń.

Formy pracy

- zbiorowa,
- indywidualna.

Środki dydaktyczne

- zestaw doświadczalny MOSEM obejmujący: 2 magnesy sztabkowe, magnes podkowiasty, 4 magnesy „na lodówkę”, 4 magnesy – zuczki, 2 magnesy w kształcie kuli, zabawka – tablica tzw. znikopis + długopis + stempelki, płytka z opiłkami żelaza, kompas, płytka – „wykrywacz” pola magnetycznego;
- spinacze, monety itp.;
- zdjęcia pierwszych kompasów wyświetlane za pomocą komputera i rzutnika;

CZYNNOŚCI NAUCZYCIELA	CZYNNOŚCI UCZNIÓW
1. Powitanie i sprawdzenie obecności. Wprowadzenie.	
- (Jeśli klasa jest liczna można podzielić ją na grupy 4 – 5 osobowe. W moim przypadku lekcja będzie przeprowadzona klasie 10 - osobowej.)	
- Na dzisiejszej lekcji zapoznamy się z pewnym rodzajem oddziaływania. (Pokazuję magnesy sztabkowe) Czy domyślacie się, czym się będziemy zajmować na lekcji?	- Odpowiadają. Możliwe odpowiedzi: magnesami, oddziaływaniami magnetycznymi, magnetyzmem.
- Czy moglibyście podać, do czego używane są magnesy?	- Odpowiadają: magnesy na lodówkę, w szafkach, żeby drzwiczki się zamykały, w torebkach, w głośnikach itp.
- Czy wiecie skąd pochodzi nazwa magnes?	- Prawdopodobnie nie wiedzą.
- W starożytności w Azji Mniejszej w pobliżu greckiego miasta Magnesia odkryto kamień, który przyciągał kawałki żelaza. Nazwano go magnetytem.	
- Podaje nazwę działu i temat lekcji.	- Zapisują w zeszytach.
- Rozdanie kart pracy każdemu uczniowi.	
2. Rozwinięcie lekcji – doświadczalne badanie pola magnetycznego.	
- Podanie uczniom magnesów sztabkowych oraz płytki z opiłkami żelaza, aby się im przyjrzeni i zbadali ich własności.	- „Bawia” się magnesami.
- Co możecie powiedzieć o tych magnesach?	- Możliwe odpowiedzi: Każdy z nich jest oznaczony dwoma kolorami: czerwonym i niebieskim, literami N i S. Jak je zbliżymy do siebie końcami zaznaczonymi tym samym kolorem to się odpychają. Jak zbliżymy do siebie magnesy końcami o różnych kolorach, to się przyciągają.
- Co można na tej podstawie stwierdzić?	- Możliwe odpowiedzi: Są dwa rodzaje magnesów; jeden koniec magnesu jest dodatni +, a drugi ujemny –.
- Koniec magnesu oznaczony N nazywamy biegunem północnym. Natomiast koniec oznaczony S – biegunem południowym.	
- Co się dzieje z dwoma magnesami, gdy zbliżone są końcami oznaczonymi N i S?	- Odpowiadają: Przyciągają się.
- Magnesy zbliżone końcami oznaczonymi N i S, nazywamy różnoimiennymi	- Uzupełniają karty pracy.
- Co się dzieje z dwoma magnesami, gdy zbliżone są końcami oznaczonymi N i N?	- Odpowiadają: Odpychają się. - Uzupełniają karty pracy.
- Magnesy zbliżone końcami oznaczonymi N i N lub S i S, nazywamy jednoimiennymi.	
- Co się dzieje z opiłkami żelaza, gdy zbliżymy do nich magnes jednym z biegunów.	- Odpowiadają: Opiłki poruszają się „za magnesem”; magnes przyciąga opiłki.
- Połóżcie magnes równolegle do płytki z opiłkami.	- Wykonują polecenie.

Scenariusze lekcji

Co obserwujecie?	- Odpowiadają: Opilki zbliżają się do końców magnesu.		
- Podaje spinacze.	- Badają, co się dzieje ze spinaczami, gdy zbliżony zostaje do nich magnes.		
- Podaje monety.	- Badają, co się dzieje z monetami, gdy zbliżony zostaje do nich magnes.		
- Jakie wnioski można wyciągnąć z dwóch ostatnich doświadczeń?	- Odpowiadają, że magnes przyciąga przedmioty wykonane z żelaza, stali. - Uzupełniają karty pracy.		
- Pokazuje kompas. Do czego służy?	- Odpowiadają: Kompas wskazuje północ, można nim określić pozostałe kierunki geograficzne.		
- Wielu historyków przypuszcza, że specyficzną własność magnesu do wskazywania kierunków wykorzystali po raz pierwszy Chińczycy. Składał się on z talerza wykonanego z brązu i magnetycznej chochelki. Na statkach kompas budowano w taki sposób, że do glinianego garnka nalewano wodę i kładziono na jej powierzchni żelazną blaszkę w kształcie ryby. (Można pokazać zdjęcia) Do Europy kompas dotarł dzięki kupcom, którzy handlowali na Jedwabnym Szlaku.			
- Podaje uczniom kompas, aby zbadali, co się będzie działo, gdy zbliżony zostanie do magnesu.	- Sprawdzają.		
- Instruuje, by uczniowie poruszali magnesem, a kompas był nieruchomy (leży np. na ławce).	- Badają zachowanie się igły magnetycznej w kompasie. Obserwują.		
- Czy zauważyliście coś charakterystycznego?	- Igła kompasu ustawia się w stronę końca magnesu, który zaznaczony jest literą S. - Uzupełniają karty pracy.		
- Na podstawie tych doświadczeń można również powiedzieć, że magnesy zmieniają właściwości przestrzeni wokół siebie. Świadczy o tym ruch igły magnetycznej w kompasie. Mówimy, że magnesy wytwarzają wokół siebie pole magnetyczne.			
- Pola magnetyczne umownie oznacza się liniami. Zwrot linii pola magnetycznego wskazuje zwrot igły magnetycznej z kompasu. Do którego bieguna jest ono zwrócone?	- Odpowiadają: do bieguna południowego.		
- Rysuje na tablicy (Wraz z liniami pola magnetycznego).			
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="padding: 5px;">N</td> <td style="padding: 5px;">S</td> </tr> </table>	N	S	
N	S		
- Zastanówmy się chwilę nad wskazaniem kompasu. Przed chwilą powiedzieliście, że magnesy zbliżone tymi samymi biegunami odpychają się. Igła kompasu oznaczona N ustawia się w stronę północy geograficznej. Jak to jest możliwe?	- Mogą zgadywać i będą padały różne odpowiedzi. Jedna z nich może być prawdziwa, a jeśli nie, to nauczyciel powinien udzielić odpowiedzi.		
- Koniec igły oznaczony N jest przyciągany przez południe magnetyczne. W okolicach bieguna północnego geograficznego znajduje się biegun południowy magnetyczny. Natomiast w okolicach			

południa geograficznego znajduje się północny biegun magnetyczny. Działanie kompasu zawdzięczamy istnieniu pola magnetycznego wokół Ziemi.	
- Podanie uczniom magnesów – „żuczków”. - Obserwacja pracy uczniów.	- Badają zachowanie się tych magnesów.
- Co zaobserwowaliście?	- Odpowiadają: te magnesy raz się przyciągają a raz odpychają, zależy jak się je ustawi względem siebie. Różnią się od magnesów sztabkowych.
- Zgadza się. - Podanie uczniom magnesów „na lodówkę”	- Badają zachowanie się tych magnesów.
- Co zaobserwowaliście?	- Odpowiedzi – jak wyżej (o żuczkach).
- Sprawdzimy teraz czy magnesy „na lodówkę” różnią się od magnesu sztabkowego. - Podaje płytkę – „wykrywacz” pola magnetycznego.	- Przykładają magnesy sztabkowe do płytki.
- Co zaobserwowaliście?	- Na płytce widać, że magnes „na lodówkę” jest podzielony na dwie części tak jak magnes sztabkowy.
- Pozdaje uczniom magnesy dołączone do tablicy – znikopisu.	- Przykładają magnesy do płytki.
- Czy na płytce pojawił się taki sam obraz jak dla magnesów na lodówkę?	- Odpowiadają: nie, dla tych magnesów widać, podział na więcej części.
- Są one zbudowane z większej liczby magnesów.	
- Podaje tablicę – znikopis.	- Badają pole magnetyczne magnesów sztabkowych, magnesów „na lodówkę” i magnesów dołączonych od tablicy przy jej użyciu.
- Można wytłumaczyć uczniom zasadę działania tablicy – znikopisu.	
3. Podsumowanie.	
- Czego dotyczyła dzisiejsza lekcja?	- Odpowiadają: magnesów, pola magnetycznego.
- Jak nazywamy bieguny magnesu?	- Odpowiadają: północny i południowy.
- Co się stanie, jeśli zbliżymy do siebie magnesy biegunami różnoimiennymi?	- Odpowiadają: Będą się przyciągać.
- Co się stanie, jeśli zbliżymy do siebie magnesy biegunami jednoimiennymi?	- Odpowiadają: Będą się odpychać.
- Ocenia pracę uczniów na lekcji.	

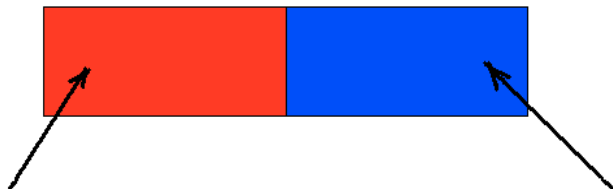
Scenariusze lekcji

KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

Temat zajęć _____

1. Podpisz bieguny magnesu.



2. Uzupełnij tekst.

Magnesy zbliżone do siebie biegunami północnym i południowym

_____.

Magnesy zbliżone do siebie tymi samymi biegunami np. północnym i północnym

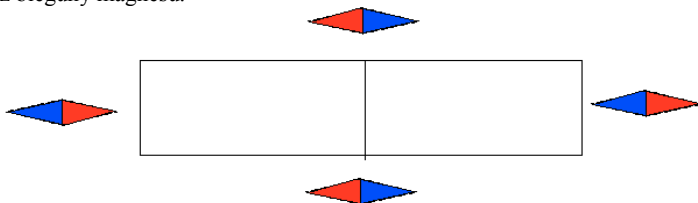
_____.

Przedmioty wykonane z _____ są przyciągane przez magnes.

Biegun północny igły magnetycznej ustawia się zawsze w stronę geograficznego bieguna

_____.

3. Podpisz bieguny magnesu.



Temat: Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem.

Cel ogólny: uczeń wie, że wokół przewodnika, przez który płynie prąd powstaje pole magnetyczne.

Cele operacyjne

➤ uczeń:

- omawia doświadczenie Oersted'a – wersje pionową i poziomą,
- opisuje różnice między kształtem pola magnetycznego powstającego wokół przewodnika i wokół zwojnicy,
- korzysta z reguły prawej dłoni do wyznaczania kierunku i zwrotu pola magnetycznego powstającego wokół przewodnika z prądem i zwojnicy,
- podaje przykłady zastosowania omawianego zjawiska w technice np. w elektromagnesach.

Metody

- *poszukująca*: pogadanka z uczniami,
- *praktyczna*: wykonanie doświadczenia Oersted'a, uzupełnianie kart pracy.

Formy pracy

- zbiorowa,
- indywidualna.

Środki dydaktyczne

- wybrane element zestawu doświadczalnego Low-Tech kit: przewód z mosiądzu, bateria 4.5 V, 2 kompasy, 4 złącza krokodylowe, 2 przewody, stolik plastikowy z krótkimi nogami,
- karty pracy

CZYNNOŚCI NAUCZYCIELA	CZYNNOŚCI UCZNIA/UCZNIÓW
1. Start.	
- Powitanie i sprawdzenie obecności.	- Zajmują miejsca.
- Rozdanie kart pracy. Poinformowanie o konieczności ich uzupełniania.	
- Podczas ostatniej lekcji omawiany był temat dotyczący magnesów. Co możecie powiedzieć o magnesach?	- Przewidywana odpowiedź: każdy magnes ma dwa bieguny: północny i południowy.
- Zadanie pytania: czy możliwe jest rozdzielenie magnesu w taki sposób, aby miał on tylko jeden rodzaj bieguna.	- Przewidywana odpowiedź: nie można w taki sposób rozdzielić magnesu. Nawet po rozcięciu każda z części magnesów będzie miała dwa bieguny.
- Zadanie pytania: co to jest kompas i do czego służy.	- Przewidywana odpowiedź: to urządzenie, które służy do wyznaczania kierunków geograficznych.
- Zadanie pytania; do czego służy kompas.	- Przewidywana odpowiedź: Wewnątrz kompasu znajduje się igła magnetyczna, która wskazuje północ geograficzną i południe magnetyczne. Dzieje się tak, ponieważ igła ma dwa bieguny i jej biegun północny jest przyciągany przez południowy biegun magnetyczny Ziemi.

Scenariusze lekcji

2. Rozwinięcie lekcji	
- Informuje, że za chwilę zostanie wykonane doświadczenie, nazywane doświadczeniem Oersted’a. Zapisuje temat na tablicy.	- Zapisują temat.
- Prezentuje doświadczenie Oersted’a wersję poziomą.	- Obserwują.
- Pyta uczniów, co zaobserwowali.	- Przewidywana odpowiedź: igła kompasu zaczyna się obracać, gdy prąd płynie przez przewód. Po chwili się zatrzymała i ustawiła prostopadle do przewodu. - Zapisują odpowiedzi w kartach pracy.
- Pyta uczniów, co może powodować ruch igły?	- Przewidywana odpowiedź: powodem może być płynący prąd. Prąd elektryczny wywołuje powstanie pola magnetycznego.
- Prezentuje doświadczenie Oersted’a wersję poziomą z odwróconym kierunkiem przepływu prądu.	- Obserwują.
- Pyta uczniów, co zaobserwowali.	- Przewidywana odpowiedź: igła kompasu zaczyna się obracać, gdy prąd płynie przez przewód. Po chwili się zatrzymała i ustawiła prostopadle do przewodu. - Zapisują odpowiedzi w kartach pracy.
- Pyta o podobieństwa i różnice występujące między dwoma doświadczeniami.	- Przewidywana odpowiedź: w obu doświadczeniach, gdy obwód elektryczny był zamykany, igła kompasu zaczynała się obracać. Po chwili zatrzymywała się w kierunku prostopadłym do przewodu, ale w każdym doświadczeniu wskazywała inny zwrot.
- Pyta co jest przyczyną wskazania przeciwnego kierunku – zwrotu przez igłę.	- Przewidywana odpowiedź: jeśli został odwrócony kierunek przepływu prądu, to zmienił się też zwrot pola magnetycznego.
- Prezentuje doświadczenie Oersted’a wersję poziomą.	- Obserwują.
- Pyta uczniów, co zaobserwowali.	- Przewidywana odpowiedź: Gdy obwód elektryczny jest otwarty, igły wszystkich kompasów wskazują linię północ – południe. Igły kompasów zaczynały się obracać, gdy został zamknięty obwód elektryczny.
- Mówi, że w 1820 Oersted pokazała, że prąd elektryczny może być źródłem pola magnetycznego. Pole magnetyczne powstaje nad i pod przewodem. Zwrot pola magnetycznego się zmienia, gdy zmianie ulega kierunek przepływu prądu.	- Słuchają.
- Omawia regułę prawej dłoni	- Słuchają.
- Pyta, do czego służy ta reguła.	- Przewidywana odpowiedź: do wyznaczania kierunku i zwrotu pola magnetycznego.
- Pyta o kształt pola magnetycznego wokół przewodu i zwojnicy.	- Przewidywana odpowiedź: wokół przewodu pole magnetyczne ma kształt okręgów, których środkiem

	jest przewód. Wewnątrz zwojnicy linie pola magnetycznego są równoległe, a wokół niej przypominają pole wokół magnesu. - Rysują i uzupełniają karty pracy.
- Kontroluje pracę uczniów, poprawność odpowiedzi i rysunków.	- Sprawdzają poprawność odpowiedzi, jeśli jest zła poprawiają.
- Omawia i wyjaśnia regułę prawej dłoni.	- Słuchają.
- Prosi o przeczytanie polecenia do ćw. piątego.	- Uzupełniają ćwiczenia.
- Sprawdza poprawność odpowiedzi i rysunków.	- Sprawdzają poprawność odpowiedzi, jeśli jest zła poprawiają.
- Mówi, że zjawisko powstawania pola magnetycznego wokół przewodu przepływa prąd elektryczny znalazło zastosowanie w technice np. w elektromagnesach. Zadaj pracę domową: wyszukaj informacji w Internecie dotyczących elektromagnesów i ich zastosowania w technice.	- Słuchają. Zapisują polecenie – pracę domową.
3. Zakończenie.	
- Podsumowuje pracę uczniów na lekcji, wstawia oceny. Żegna się z uczniami.	- Żegnają się z nauczycielem.

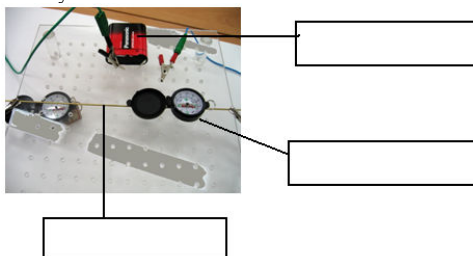
Scenariusze lekcji

KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

Temat: _____

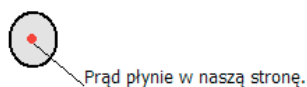
1. Na zdjęciu przedstawiono zestaw potrzebny do pokazania doświadczenia Oersteda. Nazwij elementy zaznaczone na rysunku.



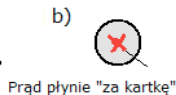
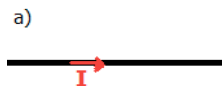
2. Co się dzieje, gdy obwód elektryczny zostanie zamknięty?

3. Co się dzieje, gdy następuje zmiana kierunku przepływu prądu?

4. Narysuj kształt linii pola magnetycznego wokół przewodu i zwojnicy.



5. Korzystając z reguły prawej dłoni wyznacz kierunek i zwrot linii pola magnetycznego.



PRACA DOMOWA

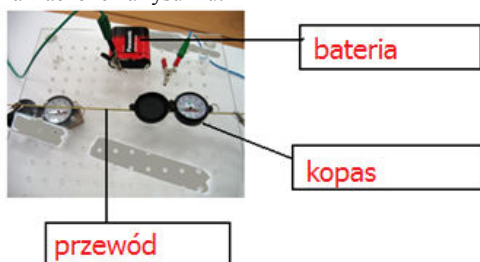
Wyszukaj informacje w Internecie dotyczące elektromagnesów i ich zastosowania w technice.

KARTA PRACY z przewidywanymi odpowiedziami

Imię i nazwisko : _____ Klasa _____ Data _____

Temat: Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem.

1. Na zdjęciu przedstawiono zestaw potrzebny do pokazania doświadczenia Oersteda.
Nazwij elementy zaznaczone na rysunku.



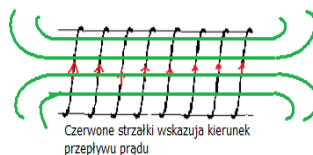
2. Co się dzieje, gdy obwód elektryczny zostanie zamknięty?

Igła kompasu zaczyna się obracać i po pewnym czasie zatrzymuje się. Ustawia się w prostopadłe do przewodu.

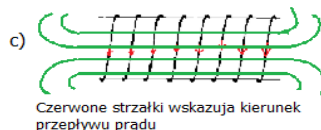
3. Co się dzieje, gdy następuje zmiana kierunku przepływu prądu?

Zmiana kierunku przepływu prądu powoduje zmianę ustawienia się igły kompasu. Wynik z tego, że zmienia się też kierunek i zwrot pola magnetycznego.

4. Narysuj kształt linii pola magnetycznego wokół przewodu i zwojnicy.



5. Korzystając z reguły prawej dłoni wyznacz kierunek i zwrot linii pola magnetycznego.



PRACA DOMOWA

Wyszukaj informacje w Internecie dotyczące elektromagnesów i ich zastosowania w technice.

Temat: Siła elektrodynamiczna.

Cel ogólny: uczeń dowiadyuje się, że na przewodnik, przez który przepływa prąd umieszczony w polu magnetycznym działa siła elektrodynamiczna.

Cele ogólne:

➤ uczeń:

- wymienia wielkości fizyczne, od których zależy siła elektrodynamiczna,
- korzysta z reguły lewej dłoni do wyznaczania zwrotu i kierunku siły elektrodynamicznej,
- omawia zastosowanie działania siły elektrodynamicznej np. w miernikach, silnikach elektrycznych,
- opisuje zamianę energii elektrycznej w mechaniczną zachodzącą w silnikach elektrycznych,
- poznaje zasady bezpiecznego korzystania z urządzeń elektrycznych.

Metody

- *poszukująca*: rozmowa, zadawanie pytań;
- *praktyczna*: wykonywanie doświadczeń, uzupełnianie kart pracy.

Formy pracy

- grupowa,
- indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- z zestawu Low-Tech kit: silniczek : z jedną pętlą, magnes neodymowy, bateria 1,5 V,
- kreda, tablica,
- karty pracy z instrukcjami, poleceniami i zadaniami

CZYNNOŚCI NAUCZYCIELA	CZYNNOŚCI UCZNIÓW
<i>1. Rozpoczęcie.</i>	
- Powitanie i sprawdzenie obecności	- Zajmują miejsca.
- Pyta, czego dotyczyła poprzednia lekcja.	- Przewidywana odpowiedź: zjawiska powstawania pola magnetycznego wokół przewodnika, przez który przepływa prąd elektryczny.
- Pyta, kto odkrył to zjawisko.	- Przewidywana odpowiedź: Oersted.
- Pyta, jak można zaobserwować to zjawisko.	- Przewidywana odpowiedź: potrzebny jest przewód, bateria i kompas. Po podłączeniu przewodu do baterii zauważyć można, że wskazówka kompasu się ustawia się po chwili prostopadle do przewodu.

<i>2. Rozwinięcie lekcji.</i>	
- Podzielenie uczniów na grupy 3 – 4 osobowe. Każda grupa otrzymuje zestaw – silniczek, a wszyscy uczniowie karty pracy. Karty pracy obejmują: instrukcje, zadani i pytania. Poinformowanie o obowiązkowym uzupełnianiu kart pracy oraz wykonaniu pierwszych pięciu poleceń.	- Słuchają.
- Kontrolowanie pracy uczniów.	- Wykonują polecenia zawarte w karcie pracy i ją uzupełniają.
- Sprawdzenie poprawności rozwiązań pierwszych pięciu poleceń i ich dokładne omówienie. Podanie tematu zajęć.	- Sprawdzają poprawność odpowiedzi. Poprawiają ewentualne błędy. Zapisują temat.
- Pyta, co może powodować obracanie się silniczka.	- Przewidywana odpowiedź: działanie pewnej siły, przyczyną ruchu jest działanie siły.
- Wyjaśnienie, że tą siłą jest siła elektrodynamiczna. Jest to siła, która działa na przewód z prądem znajdujący się w polu magnetycznym.	- Słuchają. Uzupełniają ćwiczenie 6 z kart pracy.
- Pyta czy możliwe jest wyznaczenie kierunku działania siły.	- Przewidywana odpowiedź: jest to możliwe, niemożliwe.
- Pyta o regułę poznana na poprzedniej lekcji.	- Przewidywana odpowiedź: reguła prawej dłoni.
- Pyta o możliwa nazwę reguły do wyznaczania kierunku i zwrotu siły elektrodynamicznej.	- Przewidywana odpowiedź: reguła lewej dłoni.
- Omówienie reguły lewej dłoni. Narysowanie schematu na tablicy. 	- Słuchają. Uzupełniają schemat zamieszczony w ćw. 7 – karta pracy.
- Zleca uczniom wykonanie ćw.8 z kart pracy.	- Próbuje rozwiązać ćwiczenie.
- Sprawdza poprawność rozwiązania. Rysuje prawidłowe odpowiedzi na tablicy.	- Sprawdzają swoje rozwiązania. Poprawiają ewentualne błędy.
- Omawia praktyczne zastosowanie działania siły elektrodynamicznej w miernikach – amperomierzach, woltomierzach i silnikach elektrycznych. Pokazuje ich schematy.	- Słuchają.
- Zadaje pracę domową: znajdź w domu urządzenia, które mają silniki elektryczne i zrób ich listę.	- Zapisują pracę domową.

<i>3. Zakończenie.</i>	
- Podsumowuje pracę uczniów na lekcji, wstawia oceny. Żegna się z uczniami.	- Żegnają się z nauczycielem.

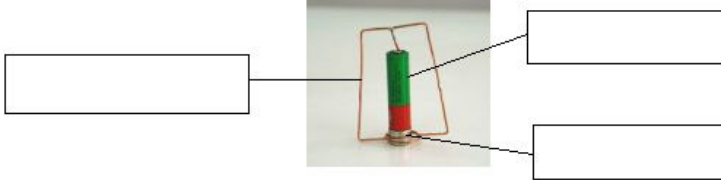
Scenariusze lekcji

KARTA PRACY

Imię i nazwisko: _____ Klasa _____ Data _____

Temat: _____

1. Na rysunku przedstawiono sposób ustawienia – połączenia silniczka. W jego skład wchodzi m.in. magnes neodymowy, bateria 1,5V, przewód. Podpisz element zaznaczone na rysunku.



2. Na rysunku przedstawiono model _____. To urządzenie zamienia energię _____ w energię _____.

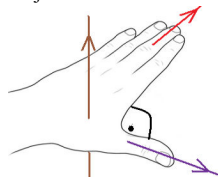
3. Co się dzieje po ustawieniu zestawu elementów tak, jak pokazano to na zdjęciu?

4. Odwróć magnes. Postaw na nim baterię. Co się dzieje?

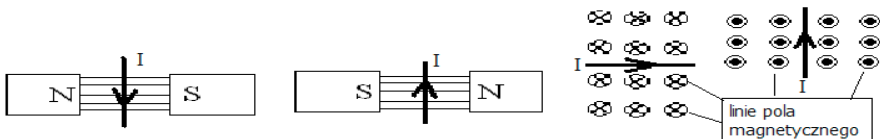
5. Odwróć baterię i postaw na magnesie. Co się dzieje?

6. Silniczek się obraca, ponieważ _____

7. Uzupełnij rysunek ilustrujący regułę lewej dłoni.

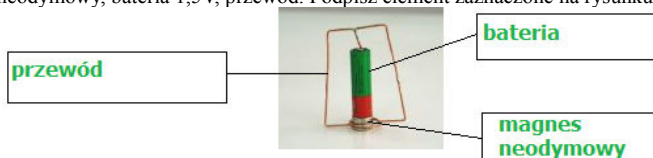


7. Korzystając z reguły lewej dłoni wyznacz kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej.



KARTA PRACY z przewidywanymi odpowiedziami

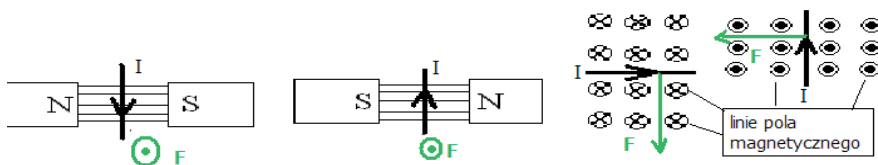
- Na rysunku przedstawiono sposób ustawienia – połączenia silniczka. W jego skład wchodzi m.in. magnes neodymowy, bateria 1,5V, przewód. Podpisz element zaznaczone na rysunku.



- Na rysunku przedstawiono model silnika elektrycznego. To urządzenie zamienia energię elektryczną w energię mechaniczną.
- Co się dzieje po ustawieniu zestawu elementów tak, jak pokazano to na zdjęciu?
Silniczek zaczyna się obracać i się kręci, dopóki nie spadnie z baterii.
- Odwróć magnes. Postaw na nim baterię. Co się dzieje?
Silniczek też się obraca, ale w przeciwną stronę niż poprzednio.
- Odwróć baterię i postaw na magnesie. Co się dzieje?
Silniczek również się obraca, ale w tą samą stronę, co za pierwszym razem.
- Silniczek się obraca, ponieważ działa na niego siła elektrodynamiczna.
- Uzupełnij rysunek ilustrujący regułę lewej dłoni.



- Korzystając z reguły lewej dłoni wyznacz kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej.



Temat: Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

Cel ogólny: uczeń dowiadyuje się, że prąd indukcyjny powstaje pod wpływem zmiennego pola magnetycznego.

Cele operacyjne:

➤ uczeń:

- buduje proste obwody, w których wywołuje przepływ prądu indukcyjnego przez użycie,
- pokazuje różne sposoby wzbudzania prądu indukcyjnego,
- nazywa i rozumie przemiany energii zachodzące w prądnicach,
- wyjaśnia, jak działa prosty model prądnicy np. dynamo rowerowe.

Metody:

- *poszukująca*: rozmowa, zadawanie pytań,
- *praktyczna*: wykonywanie doświadczeń, uzupełnianie kart pracy.

Formy pracy:

- grupowa,
- indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- z zestawu Low-Tech kit: rurka miedziana, rurka plastikowa, rurka miedziana z nacięciami, magnes neodymowy,
- schemat dynamo rowerowego (może być zamieszczony w krótkiej prezentacji),
- tablica, kreda,
- karty pracy z instrukcją i poleceniami.

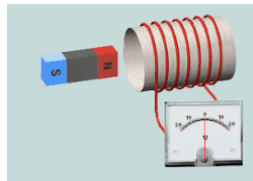
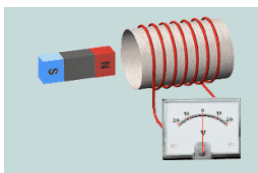
CZYNNOŚCI NAUCZYCIELA	CZYNNOŚCI UCZNIA
<i>1. Rozpoczęcie.</i>	
- Powitanie i sprawdzenie obecności.	- Zajmują miejsca.
- Pyta, czego dotyczyła poprzednia lekcja.	- Przewidywana odpowiedź: siły elektrodynamicznej.
- Pyta, kiedy działa siła elektrodynamiczna.	- Przewidywana odpowiedź: siła elektrodynamiczna działa na przewod, przez który płynie prąd i znajduje się w polu magnetycznym.

<i>2. Rozwinięcie lekcji.</i>	
- Podzielenie uczniów na grupy 3 – 4 osobowe. Każda grupa otrzymuje element zestawu Low-Tech kit i karty pracy. W kartach pracy znajdują się: instrukcje, pytania i zadania. Poinformowanie o obowiązkowym uzupełnianiu kart pracy oraz wykonaniu pierwszych pięciu zadań.	- Słuchają.
- Kontrolowanie pracy uczniów.	- Wypełniają instrukcje. Zapisują odpowiedzi w kartach pracy.
- Sprawdzenie poprawności rozwiązania pierwszych trzech poleceń.	- Sprawdzają poprawność rozwiązań. Ewentualne błędy poprawiają.
- Wykonanie czwartego doświadczenia.	- Samodzielnie wykonują czwarte doświadczenie.
- Pyta o to, co zaobserwowali uczniowie.	- Przewidywane odpowiedzi: magnes najszybciej

	spadał przez rurkę plastikową, a najwolniej przez miedzianą; w rurce miedzianej poruszał się w dziwny sposób – tak jakby płynął, lewitował itp.
- Wyjaśnienie, że w wykonywanych doświadczeniach uczniowie obserwowali zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Zjawisko to spowodowane jest ruchem magnesu wewnątrz rurek miedzianych i aluminiowej. Poruszający się magnes wywołuje powstanie wewnątrz rurki prądu indukcyjnego, który w tych przypadkach nazywany jest prądem wirowym. Prąd wirowy wytwarza pole magnetyczne, które przeciwstawia się ruchowi magnesu wewnątrz rurki.	- Słuchają. Zapisują odpowiedzi w kartach pracy w zadaniu piątym.
- Wyjaśnienie, że można wyznaczyć kierunek indukowanego pola magnetycznego korzystając z reguły Lenz'a. Reguła ta mówi, że kierunek indukowanego pola magnetycznego jest przeciwny do przyczyny, która go wywołała.	- Słuchają i uzupełniają treść reguły Lenz'a w kartach pracy.
- Omówienie zastosowania indukcji elektromagnetycznej w technice. Wyjaśnienie zasady działania prądnicy tzn. że jest to urządzenie, które zamienia energię mechaniczną w elektryczną. Pokazanie schematu rowerowego dynama i omówienie, jak ono działa.	- Słuchają i uzupełniają zadanie 7 z kart pracy – schemat dynama rowerowego.
- Zadaje pracę domową, która jest zapisana na kartach pracy.	-
3. Zakończenie.	
- Podsumowuje pracę uczniów na lekcji, wstawia oceny. Żegna się z uczniami.	- Żegnają się z nauczycielem.

KARTA PRACY

1. Połączono cewkę z miernikiem.
- a) Szybkim ruchem zbliż do cewki magnes. Zaobserwuj i zaznacz na rysunku, w którą stronę wychyliła się wskazówka miernika.
- b) Odsuń magnes szybkim ruchem od cewki. Zaobserwuj i zaznacz, jak wychyliła się wskazówka miernika.



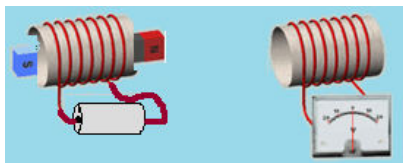
WNIOSEK: _____

2. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej polega na _____

3. Korzystając z cewek o różnej liczbie zwojów, zbudujemy układy podobne do powyższego. Sprawdź, jak:

Scenariusze lekcji

- a) liczba zwojów cewki wpływa na wskazania miernika? _____
 - b) szybkość, z jaką porusza się magnesem? _____
4. Na rysunku przedstawiono schemat doświadczenia.

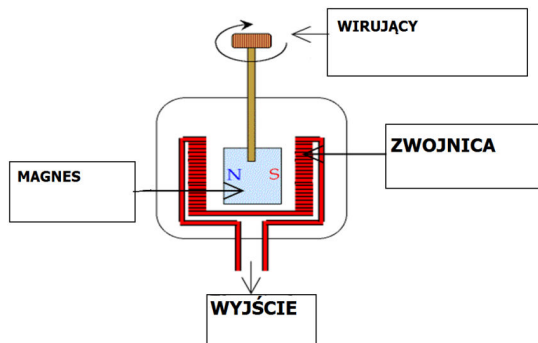


WNIOSEK: _____

5. Reguła Lenza: pole magnetyczne prądu indukcyjnego zawsze _____ przyczynie, która ten prąd _____.
6. W trzy rodzaje rurek – plastikową, aluminiową i miedzianą wrzucamy magnes neodymowy. Obserwujemy ruch magnesu w każdej rurce.

WNIOSEK _____

7. Praktyczne zastosowanie indukcji elektromagnetycznej znalazło zastosowanie w urządzeniach nazywanych _____. W tego typu urządzeniach energia _____ jest zamieniana w energię _____. Przykładem takiego urządzenia jest _____.
8. Podpisz elementy urządzenia przedstawionego na rysunku



PRACA DOMOWA

1. Magnes sztabkowy, spadając przelatuje przez środek aluminiowego pierścienia (umocowanego na statywie równoległe do podłogi).
- a) Czy prąd indukcyjny w pierścieniu będzie płynął stale w tę samą stronę?

- b) Jak wpłynie na ruch magnesu prąd indukcyjny płynący w pierścieniu?
- c) Czy prąd indukcyjny będzie płynął w pierścieniu po upadku magnesu na podłogę?

2. W której z sytuacji wymienionych poniżej zajdzie zjawisko indukcji elektromagnetycznej?

- a) W pobliżu zwojnicy leży silny magnes.
- b) Zbliżamy zwojnicę do elektromagnesu.
- c) W elektromagnes leżący obok zwojnicy włączamy i wyłączamy prąd.
- d) W pobliżu cewki znajduje się elektromagnes, przez który płynie prąd stały.

Doświadczenia w gimnazjum

Instrukcje dla ucznia

Zebrał: Krzysztof Gołębiowski

Spis doświadczeń, autorzy opracowań

- 1) Wyznaczanie gęstości substancji z jakiej wykonano przedmiot w kształcie prostopadłościanu, walca lub kuli za pomocą wagi i linijki
– Krzysztof Gołębiowski, *I Liceum Ogólnokształcące w Toruniu*;
- 2) Wyznaczanie prędkości przemieszczania się (np. w czasie marszu, biegu, pływania, jazdy rowerem) za pośrednictwem pomiaru odległości i czasu
– Jan Paweł Żółkiewski, *Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu*;
- 3) Pomiar siły wyporu za pomocą siłomierza (dla ciała wykonanego z jednorodnej substancji o gęstości większej od gęstości wody)
– Katarzyna Bursztyńska-Napieralska, *Gimnazjum nr 1 w Chelmży*;
- 4) Wyznaczanie masy ciała za pomocą dźwigni dwustronnej, innego ciała o znanej masie i linijki
– Katarzyna Ciurko-Smolińska, *Gimnazjum nr 24 w Toruniu*;
- 5) Wyznaczanie ciepła właściwego wody za pomocą czajnika elektrycznego lub grzałki o znanej mocy (przy założeniu braku strat)
– Joanna Grygorowicz, *Zespół Szkół w Starogrodzie*;
- 6) Demonstracja zjawiska elektryzowania przez tarcie oraz wzajemnego oddziaływania ciał naładowanych
– Arleta Sławińska, *Gimnazjum nr 3 w Toruniu*;
- 7) Budowa prostych obwodów elektrycznych według zadanego schematu (wymagana jest znajomość symboli elementów: ogniwo, opornik, żarówka, wyłącznik, woltomierz, amperomierz)
– Lidia Reiban, *Gimnazjum nr 3 w Toruniu*;
- 8) Wyznaczanie oporu elektrycznego opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza
– Bogdan Sobczuk, *Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu*;
- 9) Wyznaczanie mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza
– Bogdan Sobczuk, *Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu*;
- 10) Demonstracja działania prądu w przewodzie na igłę magnetyczną (zmiany kierunku wychylenia przy zmianie kierunku przepływu prądu, zależność wychylenia igły od pierwotnego jej ułożenia względem przewodu);
– Michał Strobel, *Zespół Szkół Nr 2 w Toruniu*
- 11) Demonstracja zjawisko załamania światła (zmiany kąta załamania przy zmianie kąta padania – jakościowo
– Kazimierz Wojciechowski, *Zespół Szkół Ogólnokształcących i Technicznych nr 13 w Toruniu*;
- 12) Wyznaczanie okresu i częstotliwości drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego
– Ilona Orzłowska, *Gimnazjum nr 2 w Toruniu*;
- 13) Wytwarzanie dźwięku o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za pomocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego
– Krzysztof Gołębiowski, *I Liceum Ogólnokształcące w Toruniu*;
- 14) Wytwarzanie za pomocą soczewki skupiającej ostrego obrazu przedmiotu na ekranie odpowiednio dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu
– Arleta Walenda, *Publiczne Gimnazjum w Kowalewie Pomorskim*.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 1: **Wyznaczanie gęstości substancji z jakiej wykonano przedmiot w kształcie prostopadłościanu, walca lub kuli za pomocą wagi i linijki.**

Krzysztof Gołębiowski, I Liceum Ogólnokształcące w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- waga elektroniczna (rys. obok),
- zestaw brył,
- linijka, ekierka,
- menzurka,
- śruba metalowa.



Doświadczenie 1.

1) Wyznacz za pomocą wagi (lub siłomierza) masę brył: prostopadłościanów, walca, kul. Wyniki pomiarów wpisz na karcie pracy. Sprawdź, z jaką dokładnością dokonałeś pomiaru.

Uwaga!

Jeżeli masz do dyspozycji wagę laboratoryjną, to korzystając z podręcznika przypomnij sobie jej budowę i zasady ważenia, które poznałeś na lekcji. Zważ bryły z największą dokładnością, pamiętaj o ustawieniu wagi w położeniu pionowym i sprawdzeniu wskazówki, czy jest ustawiona na zero.

2) Wyznacz objętość brył: (prostopadłościanów, walca, kuli). Wyniki pomiaru wpisz na karcie pracy. Po zakończeniu pomiarów określ dokładność przyrządu pomiarowego.

Przebieg pomiarów:

- 1) Zmierz linijką długość a , szerokość b i wysokość c prostopadłościanu,
- 2) Zmierz linijką średnicę d i wysokość h walca,
- 3) Za pomocą dwóch ekierek (lub ekierki i linijki) zmierz średnicę d kuli i walca.

3) Oblicz gęstość ciała dzieląc masę przez objętość.

Doświadczenie 2. (dla chętnych)

Wyznacz masę i objętość śruby posługując się metodą wypierania cieczy.

Przebieg pomiarów:

- 1) Wyznacz masę śruby dowolną metodą.
- 2) Nalej do menzurki $\frac{2}{3}$ wody i wyznacz jej objętość.
- 3) Zanurzając śrubę do menzurki z wodą odczytaj objętość wody razem z zanurzoną śrubą.
- 4) Sprawdź, z jaką dokładnością wyznaczałeś objętość wody.
- 5) Odczyty objętości i dokładność menzurki zapisz w tabeli na karcie pracy
- 6) Oblicz gęstość substancji, z którego wykonano śrubę.



Problem:

Zastanów się, jak wyznaczyć objętość ciała o nieregularnych kształtach, gdy nie mieści się ono do menzurki.

Uwaga!

Możesz poprosić nauczyciela o dodatkowe naczynia lub o naczynie z przelewem

KARTA PRACY

1. Wyznaczanie gęstości substancji z jakiej wykonano przedmiot w kształcie prostopadłościanu, walca lub kuli za pomocą wagi i linijki

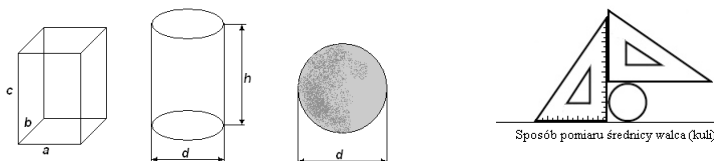
Doświadczenie 1.

1. Wyznaczenie masy ciała

Nr pomiaru	Opis bryły	Masa bryły m (g)			
		I pomiar	II pomiar	III pomiar	Wynik średni
1.					
2.					
3.					

Dokładność pomiaru:

2. Wyznaczanie objętości brył (prostopadłościanu, walca, kuli)



$$V_p = a b c$$

$$V_w = \pi r^2 h$$

$$V_k = \frac{4}{3} \pi r^3$$

1) Prostopadłościan

$$a = \dots \quad b = \dots \quad c = \dots$$

$$V_p = \dots$$

2) Walec

$$d = \dots \quad r = \frac{d}{2} = \dots = \dots \quad h = \dots \quad \pi = 3,14$$

$$V_w = \dots$$

3) Kula

$$d = \dots \quad r = \frac{d}{2} = \dots = \dots \quad \pi = 3,14$$

$$V_k = \dots$$

Dokładność pomiaru:

3. Obliczenie gęstości substancji, z których wykonano bryły (prostopadłościanu, walca, kuli) korzystając ze wzoru

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- 1) Prostopadłościan
- 2) Walec
- 3) Kula

Doświadczenie 2.

- 1) Masa śruby m
- 2) Objętość wody V_1
- 3) Objętość wody razem z zanurzoną śrubą V_2
- 4) Objętość śruby $V = V_2 - V_1$
- 5) Oblicz gęstość substancji, z którego wykonano śrubę
- 6) Określ dokładność menzurki

Opis sposobu wyznaczenia objętość ciała o nieregularnych kształtach, gdy nie mieści się ono do menzurki

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 2: **Wyznaczanie szybkości przemieszczania się w czasie marszu (marszobiegu) po bieżni boiska szkolnego za pośrednictwem pomiaru odległości i czasu.**

Jan Paweł Żółkiewski, Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- taśma miernicza, wyznaczenie odległości za pomocą kroków
- stoper – np. w komórce

Doświadczenie:

Przebieg:

- 1) Podziel trasę na kilka odcinków o jednakowej długości.
- 2) Zmierz czas przejścia każdego z odcinków - np. każdy uczeń z grupy mierzy czas.
- 3) Wyniki wpisz do tabeli.

Lp.	Droga s (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t (s)	$\frac{s}{t} \left(\frac{m}{s} \right)$	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

$$t = \frac{1}{3} (t_1 + t_2 + t_3)$$

Analiza wyników doświadczenia

Czy przebyta droga jest wprost proporcjonalna do czasu;

.....

Zapisz spostrzeżenia, uwagi z wykonanego doświadczenia

.....

Na kartce w kratkę wykonaj wykres zależności $s(t)$.

Dokładność pomiaru:

- drogi - czasu

Polecenie:

Na kartce w kratkę wykonaj szkic drogi z domu do szkoły. Oszacuj długość pokonywanych odcinków trasy. Zmierz czas przebycia odcinków trasy. Oblicz wartość średniej prędkości na trasie dom-szkoła.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 3: **Pomiar siły wyporu za pomocą siłomierza (dla ciała wykonanego z jednorodnej substancji o gęstości większej od gęstości wody).**

Katarzyna Bursztyńska-Napieralska, Gimnazjum nr 1 w Chelmży

Zestaw przyrządów i materiałów:

- statyw,
- siłomierz,
- dwa walce lub prostopadłościany wykonane z różnych materiałów o różnej objętości,
- dwa naczynia (zlewki, szklanki),
- plastelina,
- mały woreczek najlepiej z tzw. „struną”,
- woda słodka,
- roztwór nasycony soli w wodzie (lub gliceryna).

Doświadczenie 1.

- Zawieś siłomierz na statywie
- Wyznacz ciężar każdego z walców „a” i „b” - F_1
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 1.*
- Zanurz każdy walec w wodzie słodkiej i wyznacz wartość siły działającej na ciało w cieczy, ciężar walca w wodzie słodkiej - F_2
- Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 1.*

Doświadczenie 2.

- Z plasteliny wykonaj kulę i wyznacz jej ciężar w powietrzu F_1
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 2.*
- Zanurz plastelinę w wodzie słodkiej i odczytaj wartość siły, ciężar kulki w wodzie słodkiej - F_2
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 2.*
- Z tej samej plasteliny wykonaj inną figurę i zmierz jej ciężar w powietrzu a następnie w wodzie.
- Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 2.*

Doświadczenie 3.

- Wyznacz ciężar walców „a” i „b” w powietrzu - F_1
- Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 3.*
- Zanurz walec „a” w wodzie słodkiej i odczytaj wskazanie siłomierza - F_2
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 3.*
- Następnie zanurz ten sam walec w słonej wodzie i odczytaj wskazanie siłomierza - F_3
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 3.*
- Wykonaj takie same czynności jak wyżej dla walca „b”
- Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 3.*

Doświadczenie 4.

- Napelnij woreczek wodą słodką tak by nie było w nim powietrza i dobrze go zamknij
- Wyznacz ciężar woreczka w powietrzu - F_1
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 4.*
- Nie odczepiając woreczka od siłomierza, ostrożnie zanurz go w wodzie. Odczytaj wskazanie siłomierza - F_2
- Wynik zapisz w *Tabeli 4.*

KARTA PRACY

3. Pomiar siły wyporu za pomocą siłomierza (dla ciała wykonanego z jednorodnej substancji o gęstości większej od gęstości wody).

Doświadczenie 1.

- Oblicz siłę wyporu jako różnicę siły $F_1 - F_2$.
- Wyniki obliczeń zapisz w Tabeli 1.

Tabela 1.

<i>Klocek</i>	<i>Ciężar walca w powietrzu F_1 [N]</i>	<i>Wskazanie siłomierza po zanurzeniu walca w wodzie słodkiej F_2 [N]</i>	<i>Siła wyporu $F_1 - F_2$</i>
1. walec „a”			
2. walec „b”			

Obserwacje i wnioski

Doświadczenie 2.

- Oblicz siłę wyporu jako różnicę siły $F_1 - F_2$.
- Wyniki obliczeń zapisz w Tabeli 2.

Tabela 2.

<i>Ciało</i>	<i>Ciężar kulki w powietrzu F_1 [N]</i>	<i>Wskazanie siłomierza po zanurzeniu kulki w wodzie słodkiej F_2 [N]</i>	<i>Siła wyporu $F_1 - F_2$</i>
Kula			
Inny kształt			

Obserwacje i wnioski

Doświadczenie 3.

- Oblicz siłę wyporu w wodzie słodkiej i wodzie słonej jako różnicę siły $F_1 - F_2$ i $F_1 - F_3$.
- Wyniki zapisz w Tabeli 3

Tabela 3.

Walec	Ciężar walca w powietrzu F_1 [N]	Wskazanie siłomierza po zanurzeniu walca w wodzie słodkiej F_2 [N]	Wskazanie siłomierza po zanurzeniu walca w wodzie słonej F_3 [N]	Siła wyporu	
				w wodzie słodkiej $F_1 - F_2$	w wodzie słonej $F_1 - F_3$
1. walec „a”					
2. walec „b”					

Obserwacje i wnioski**Doświadczenie 4****Obserwacje i wnioski****Podsumowanie (od czego i jak zależy wartość siły wyporu?)****Zadanie problemowe**

Na bardzo czułym siłomierzu zawieszono żelazny obciążnik i zanurzono w wodzie. Następnie wodę podgrzano do temperatury około 80°C. Jak wpłynie to na wskazanie siłomierza? Odpowiedź uzasadnij.

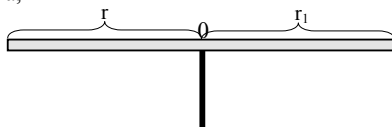
INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 4: **Wyznaczanie masy ciała za pomocą dźwigni dwustronnej, linijki i innego ciała o znanej masie.**

Katarzyna Ciurko-Smolińska, Gimnazjum nr 24 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- dźwignia dwustronna,



r, r_1 – ramiona dźwigni
0 – oś obrotu, środek

Schemat dźwigni

- obciążnik o znanej masie (m_1),
- woreczek foliowy, nitka, kasza,
- linijka.

Doświadczenie 1.

- 1) Na prawym ramieniu dźwigni zawieś ciężarek o masie (m_1).
- 2) Woreczek z kaszą zawieś na lewym ramieniu dźwigni, w takim miejscu aby dźwignia znalazła się w stanie równowagi.
- 3) Za pomocą linijki zmierz:
 - a) odległość (r_1) ciężarka od punktu 0 – wynik zapisz w tabeli na karcie pracy.
 - b) odległość (r) woreczka z kaszą od punktu 0 – wynik zapisz w tabeli na karcie pracy.
- 4) Przenieś ciężarek w inne miejsce na prawym ramieniu dźwigni (zmień odległość r_1). Następnie zmieniając odległość (r) woreczka z kaszą od punktu 0 doprowadź dźwignię do stanu równowagi. Ponownie zmierz r_1 i r . Wyniki zapisz na karcie pracy.
- 5) Jeszcze raz wykonaj polecenie 4.
- 6) Korzystając z zależności podanej poniżej do każdego pomiaru, oblicz masę woreczka z kaszą.

$$m r = m_1 r_1$$

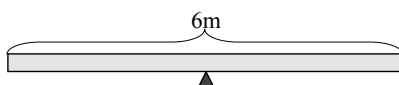
- stan równowagi dźwigni,

$$m = \frac{m_1 r_1}{r}$$

- 7) Oblicz średnią wartość masy woreczka z kaszą.
- 8) Zastanów się i zapisz błędy pomiarowe, jakie mogłeś popełnić w czasie pomiarów.

Problem:

Na placu zabaw jest huśtawka o budowie dźwigni dwustronnej.



W jakiej odległości od osi obrotu usiądziesz, abyś mógł swobodnie pohulać się z młodszym bratem, który ma masę równą 15 kilogramów?

KARTA PRACY

4. Wyznaczanie masy ciała za pomocą dźwigni dwustronnej, linijki i innego ciała o znanej masie

Doświadczenie 1.

Wyznaczenie masy woreczka z kaszą

Tabela pomiarów

Kolejne pomiary	r_1 [cm] odległość ciężarka od punktu 0	r [cm] odległość woreczka z kaszą od punktu 0	m_1 [g] masa ciężarka	m [g] masa woreczka z kaszą
1				
2				
3				
średnia wartość m				

Obliczenia:

1) Masa woreczka z kaszą dla każdego pomiaru $m = \frac{m_1 r_1}{r}$

.....

.....

.....

.....

2) Wartość średnia masy woreczka z kaszą

.....

.....

3) Błędy pomiarowe.

.....

.....

.....

Problem (rozwiązanie)

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 5: **Wyznaczanie ciepła właściwego wody za pomocą czajnika elektrycznego lub grzałki o znanej mocy (przy założeniu braku i strat).**

Joanna Grygorowicz, Zespół Szkół w Starogrodzie

Zestaw przyrządów i materiałów:

- cylinder miarowy,
- naczynie z wodą,
- czajnik elektryczny (lub kubek termiczny),
- termometr,
- stoper,
- waga.



Doświadczenie 1.

- 1) Zważ pustą szklankę. Następnie wlej do szklanki wodę. Ponownie zważ szklankę z wodą. Oblicz masę wody. Wyniki pomiarów zapisz w karcie pracy.
- 2) Zmierz termometrem temperaturę początkową wody w szklance.
- 3) Odczytaj moc grzałki czajnika elektrycznego (lub natężenie i napięcie z mierników w czasie podgrzewania wody – patrz rysunek).
- 4) Wlej wodę do czajnika. Włącz czajnik i zmierz czas, podgrzewania wody. Zmierz temperaturę końcową wody.
- 5) Na podstawie pomiarów wyznacz ciepło właściwe wody korzystając ze wzoru:

$$c_w = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Zadanie

Oblicz, ile ciepła należy dostarczyć, aby doprowadzić do wrzenia 1 kg wody o temperaturze początkowej 20°C? Ciepło właściwe wody odczytaj z tabeli umieszczonej w podręczniku. Sprawność czajnika elektrycznego jest równa 80%.

KARTA PRACY

5. Wyznaczanie ciepła właściwego wody za pomocą czajnika elektrycznego lub grzałki o znanej mocy (przy założeniu braku i strat).

Doświadczenie 1.

1) Wyznaczanie masy wody

Kolejny pomiar	Masa pustej szklanki m_1	Masa szklanki z wodą m_2	Masa wody $m = m_2 - m_1$
I			
II			
III			
Wartość średnia			

Dokładność pomiaru:

2) Pomiar temperatury wody.

Kolejny pomiar	Temperatura początkowa wody T_1	Temperatura końcowa wody T_2	Różnica temperatur $\Delta T = T_2 - T_1$
I			
II			
III			
Wartość średnia			

Dokładność pomiaru:

3) Moc grzałki $P = \dots\dots\dots$ W. $(P = UI, P = \dots\dots\dots)$

4) Czas grzania wody $t = \dots\dots\dots$ s.

5) Obliczanie ciepła (przyjmujemy, że cała energia dostarczona zamieniła się na ciepło).

$$Q = W = P \cdot t$$

$Q = \dots\dots\dots$

6) Ciepło właściwe wody.

$$c_w = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$c_w =$

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 6: **Demonstrowanie zjawiska elektryzowania przez tarcie oraz wzajemnego oddziaływania ciał naładowanych**

Arleta Sławińska, Gimnazjum nr 3 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- statyw z zawieszonym na nim uchwytem wykonanym z drutu
- 2 rurki z PCW lub 2 pałeczki ebonitowe
- 2 pałeczki szklane
- szmatka wełniana
- gazeta
- kartka papieru

Doświadczenie 1.

Podrzyj kartkę papieru na drobne kawałki. Zbliż do nich rurkę z PCW, a później pałeczkę szklaną. Obserwuj zachowanie drobnych skrawków papieru rozspanych na stole. Wynik obserwacji zapisz w karcie pracy.

Naelektryzuj rurkę z PCW, pocierając ją wełnianą szmatką i zbliż ją do skrawków papieru. Następnie naelektryzuj pałeczkę szklaną, pocierając ją gazetą i zbliż ją do skrawków papieru. Wyniki obserwacji zapisz w karcie pracy.

Doświadczenie 2.

1) Na statywie, w uchwycie wykonanym z drutu, zawieś rurkę z PCW i zbliż do niej drugą rurkę z PCW, a później pałeczkę szklaną. Potem zawieś na statywie pałeczkę szklaną i zbliż do niej drugą szklaną pałeczkę, a potem rurkę z PCW. Obserwuj zachowanie ciał zawieszonych na statywie. Wynik obserwacji zapisz w karcie pracy.

2) Naelektryzuj rurkę z PCW pocierając wełnianą szmatką i zawieś ją na statywie. Zbliż do niej drugą rurkę z PCW również potartą wełnianą szmatką, a później pałeczkę szklaną potartą gazetą.

Naelektryzuj pałeczkę szklaną pocierając gazetą, zawieś ją na statywie i zbliż do niej drugą pałeczkę szklaną również potartą gazetą, a następnie rurkę z PCW potartą wełnianą szmatką. Obserwuj zachowanie ciał zawieszonych na statywie.

Wynik obserwacji zapisz w karcie pracy.

Zadanie domowe:

Nadmuchaj balon i zawiąż go nitką. Naelektryzuj balon, pocierając go suchym przedramieniem lub wełnianą szmatką. Przyłóż go do ściany i puść. Zapisz w zeszycie wyniki swoich obserwacji.

KARTA PRACY

6. Demonstrowanie zjawiska elektryzowania przez tarcie oraz wzajemnego oddziaływania ciał naładowanych

Doświadczenie 1.

1. Elektryzowanie ciał przez tarcie

Opisz, jak zachowywały się drobne skrawki papieru podczas zbliżania do nich rurki z PCW i pałeczki szklanej przed i po ich potarciu.

.....

.....

.....

.....

.....

Zapisz wnioski wynikające z doświadczenia

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

Wzajemne oddziaływanie ciał naładowanych

1) Opisz jak zachowywały się rurka z PCW i pałeczka szklana zawieszone na statywie podczas zbliżania do nich drugiej rurki z PCW i pałeczki szklanej.

.....

.....

.....

2) Opisz jak zachowywały się naelektryzowane rurka z PCW i pałeczka szklana zawieszone na statywie podczas zbliżania do nich naelektryzowanej rurki z PCW i naelektryzowanej pałeczki szklanej.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zapisz wnioski wynikające z doświadczenia

.....

.....

.....

.....

.....

.....

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 7: **Budowa prostych obwodów elektrycznych według zadanego schematu (wymagana jest znajomość symboli elementów: ogniwo, opornik, żarówka, wyłącznik, woltomierz, amperomierz).**

Lidia Reiban, Gimnazjum nr 3 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

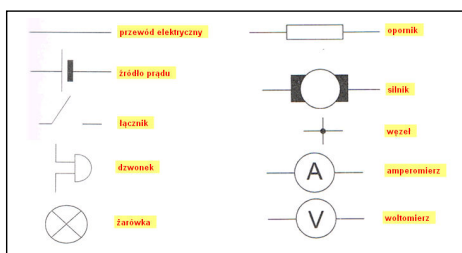
- 4 ogniwa R20 lub (R14) 1,5 V (rys. 1),
- woltomierz cyfrowy lub analogowy;
- amperomierz cyfrowy lub analogowy;
- przewody,
- żarówki na podstawkach,
- dzwonek, silniczek,
- kalkulator.



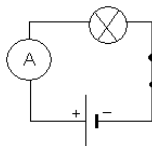
rys. 1

Doświadczenie 1.

1) Zapoznaj się z symbolami elementów obwodu elektrycznego



2) Zbuduj układ elektryczny według poniższego schematu:

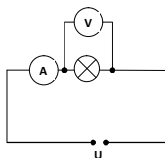


3) Zmierz natężenie prądu płynącego przez żarówkę połączoną z ogniwem R20. W tym celu odczytaj wartość na amperomierzu. Wynik zapisz w Tabeli 1. na karcie pracy.

4) W miejsce żarówki dołącz do obwodu kolejno: dzwonek, silniczek. Zmierz wartość natężenie prądu płynącego przez te odbiorniki. Wynik zapisz w Tabeli 1. na karcie pracy.

Doświadczenie 2.

1) Zbuduj układ elektryczny według poniższego schematu:



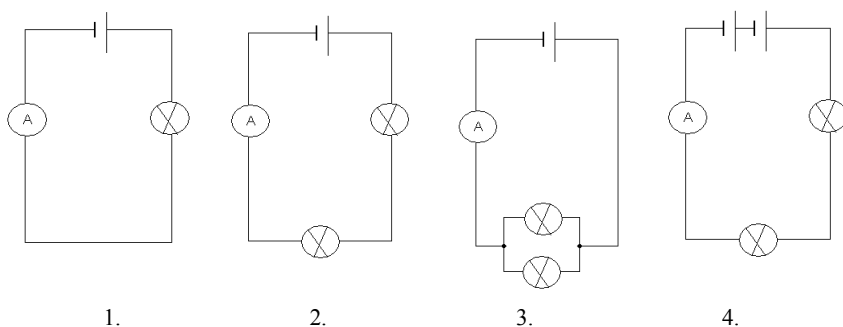
- 2) Zmierz natężenie prądu płynącego przez żarówkę połączoną z ogniwem R20. W tym celu odczytaj wartość na amperomierzu. Wynik zapisz w *Tabeli 2.* na karcie pracy.
- 3) Powtórz pomiary, łącząc żarówkę utworzoną najpierw z dwóch, potem z trzech ogniw (połączonych szeregowo) i ponownie zapisz wyniki w *Tabeli 2.* na karcie pracy.
- 4) Odpowiedz na pytania zawarte w karcie pracy.

Problem:

Na rysunku (rys.2) przedstawiono cztery obwody elektryczne zawierające jednakowe żaróweczki, amperomierze i ogniwa. Odpowiedz, w których obwodach wskazania amperomierzy są jednakowe? Wynik zamieść w karcie pracy.

Aby odpowiedzieć na pytanie możesz zbudować obwody z materiałów dostępnych w pracowni fizycznej.

rys.2.



KARTA PRACY

7. Budowa prostych obwodów elektrycznych według zadanego schematu (wymagana jest znajomość symboli elementów: ogniwo, opornik, żarówka, wyłącznik, woltomierz, amperomierz).

Doświadczenie 1.

Tabela 1. Odczytanie wartości natężenia prądu na amperomierzu

Element obwodu	$I [A]$			
	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III	Wartość średnia
żarówka				
dzwonek				
silnik				

Dokładność pomiaru natężenia prądu

Jakie zaobserwowałeś skutki wywołane przepływem prądu w obwodzie

.....

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

Tabela 2. Odczytanie wartości na amperomierzu w obwodzie z żarówką

		ilość baterii		
		1	2	3
napięcie $U [V]$	0			
natężenie $I [A]$	0			

Odpowiedz na pytania

- Im większe napięcie wytwarza bateria, z którą połączona jest żarówka, tym natężenie płynącego prądu jest.....
- Jaki wniosek można wyciągnąć z otrzymanych wyników?

.....

.....

.....

.....

Prawidłową odpowiedź do zadania problemowego zaznacz w kółeczko

- w 1 i 2
- w 2 i 3
- w 1 i 4
- w 2 i 4.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 8: **Wyznaczanie oporu elektrycznego opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza**

Bogdan Sobczuk, Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu

Zestaw przyrządów:

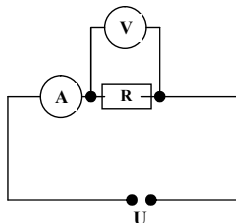
- Opornik $10\ \Omega$, żarówka ($6\ \text{V}/2,7\ \text{W}$);
- sześć ogniw R14 (R20) lub zasilacz pozwalający na regulowanie wartości napięcia elektrycznego;
- woltomierz cyfrowy lub analogowy;
- amperomierz cyfrowy lub analogowy;
- przewody elektryczne;
- dwie listewki lub dwa pręty o przekroju okrągłym $\varnothing = 8 - 10\ \text{mm}$;
- kombinerki; nożyczki

Doświadczenie 1.

Badanie zależności natężenia prądu płynącego przez opornik od przyłożonego na jego końce napięcia.

Przebieg doświadczenia:

1) Zbuduj układ elektryczny według poniższego schematu:



2) Doprowadź do układu napięcie zwiększając jego wartość na przykład o $1,5\ \text{V}$, jeżeli będziemy korzystać z ogniw R14 lub R20 w taki sposób, że będziemy te ogniwa łączyć szeregowo, układając je w „korytku” wykonanym z połączonych ze sobą listewek lub prętów o przekroju okrągłym, jedno za drugim, pamiętając o tym, że biegun „+” jednego ogniwa łączymy z biegunem „-” następnego. W przypadku zasilacza napięcie ustalamy odpowiednio regulując zasilacz. Pomiar rozpoczynamy od odczytania wskazań mierników, gdy do obwodu nie jest podłączony napięcie.

3) Dokonaj odczytu wartości napięcia i natężenia dla obwodu zasilanego z jednego ogniwa, następnie z dwóch itd. Zmierzone wartości zapisz w *Tabeli 1* na karcie pracy.

Uwaga!

Przed rozpoczęciem badania należy ustalić dokładność z jaką będziemy mierzyli wartości napięcia i natężenia oraz maksymalne wartości jakie są możliwe do zmierzenia przez używane mierniki. Po podłączeniu kolejnych ogniw (ustaleniu napięcia na zasilaczu) należy odczytać wskazania woltomierza oraz amperomierza i zapisać je w przygotowanej tabeli.

Doświadczenie 2. (dla tych, którzy zdążyli wykonać Doświadczenie 1.)

Badanie zależności natężenia prądu płynącego przez żarówkę od przyłożonego na jej końce napięcia.

Korzystając ze schematu (patrz **Doświadczenie 1.**) w miejsce opornika dołącz do obwodu żarówkę. Dokonaj pomiaru napięcia i natężenia prądu postępując podobnie jak w **Doświadczenie 1.** Wyniki wpisz do *Tabeli 2* na karcie pracy.

KARTA PRACY

8. Wyznaczanie oporu elektrycznego opornika lub żarówki za pomocą woltomierza i amperomierza

Doświadczenie 1.

Tabela 1. Wyznaczanie oporu elektrycznego opornika

Numer pomiaru:	U, V	I, A	$R = \frac{U}{I}, \Omega$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

$\Delta U = \dots\dots\dots$ $\Delta I = \dots\dots\dots$

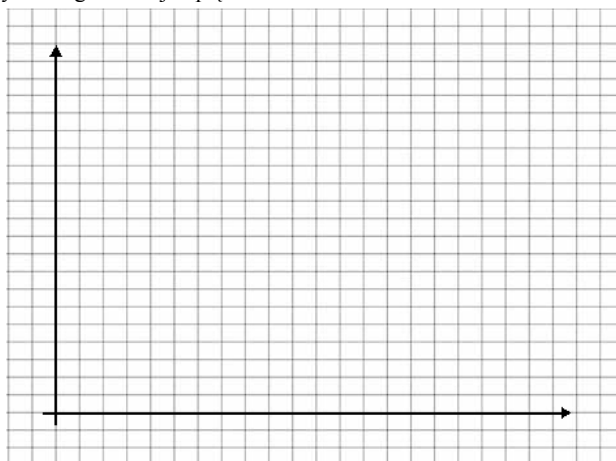
Wnioski po wykonanych pomiarach

.....

.....

.....

Na podstawie danych z tabeli sporządź wykres zależności natężenia prądu płynącego przez opornik od przyłożonego do niej napięcia:



Co można powiedzieć o oporze opornika i jego związku z przyłożonym do niej napięciem?

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

Tabela 2. Wyznaczanie oporu elektrycznego żarówki

Numer pomiaru:	U, V	I, A	$R = \frac{U}{I}, \Omega$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

$\Delta U = \dots\dots\dots$ $\Delta I = \dots\dots\dots$

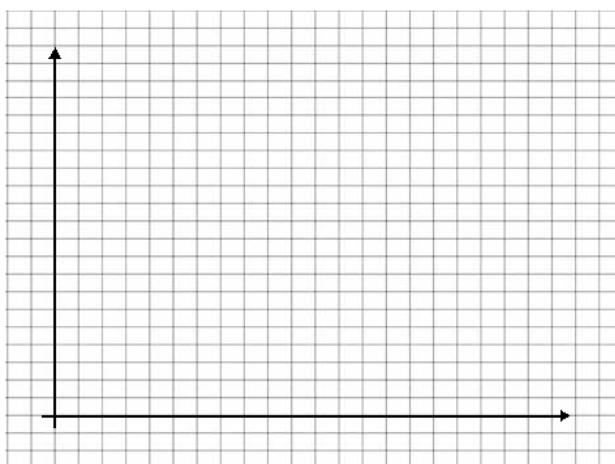
Wnioski po wykonanych pomiarach

.....

.....

.....

Na podstawie danych z tabeli sporządź wykres zależności natężenia prądu płynącego przez żarówkę od przyłożonego do niej napięcia:



Co można powiedzieć o oporze opornika i jego związku z przyłożonym do niej napięciem?

.....

.....

.....

.....

Doświadczenia w gimnazjum – podstawa programowa

Dlaczego Twoim zdaniem, wykres dla żarówki ma inny przebieg niż dla opornika?

.....

.....

.....

.....

Co może być powodem zmiany kształtu wykresu?

.....

.....

.....

.....

Zadanie 1.

Przez świecącą spiralkę żarówki w latarce elektrycznej zasilanej z płaskiej baterii wytwarzającej napięcie 4,5 V płynie prąd o natężeniu 150 mA. Opór elektryczny tej spiralki ma wartość:

- A) – 0,3 Ω
- B) – 3 Ω
- C) – 30 Ω
- D) – 300 Ω
- E) – 3 k Ω

Zadanie 2.

Źródłem światła w tradycyjnej żarówce jest metalowa spiralka. Jak wpływa, Twoim zdaniem na jasność świecenia długość czasu pracy żarówki? Odpowiedź uzasadnij.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 9: Wyznaczanie mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza

Bogdan Sobczuk, Zespół Szkół Nr 10 w Toruniu

Zestaw przyrządów:

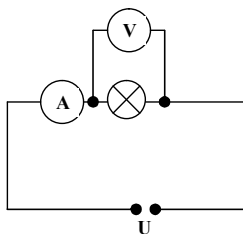
- żarówka;
- sześć ogniw R14 (R20) lub zasilacz pozwalający na regulowanie wartości napięcia elektrycznego;
- woltomierz cyfrowy lub analogowy;
- amperomierz cyfrowy lub analogowy;
- przewody elektryczne;
- dwie listewki lub dwa pręty o przekroju okrągłym $\varnothing = 8 - 10 \text{ mm}$;
- kombinerki, nożyczki.

Doświadczenie.

Badanie zależności mocy wydzielonej w żarówce od przyłożonego do niej napięcia.

Przebieg doświadczenia:

1) Zbuduj układ elektryczny według poniższego schematu:



2) Doprowadź do układu napięcie zwiększając jego wartość na przykład o 1.5 V, jeżeli będziemy korzystać z ogniw R14 lub R20 w taki sposób, że będziemy te ogniwa łączyć szeregowo, układając je w „korytku” wykonanym z połączonych ze sobą listewek lub prętów o przekroju okrągłym, jedno za drugim, pamiętając o tym, że biegun „+” jednego ogniwa łączymy z biegunem „-” następnego. W przypadku zasilacza napięcie ustalamy odpowiednio regulując zasilacz. Pomiar rozpoczynamy od odczytania wskazań mierników, gdy do obwodu nie jest podłączony napięcie.

3) Dokonaj odczytu wartości napięcia i natężenia dla obwodu zasilanego z jednego ogniwa, następnie z dwóch itd. Zmierzone wartości zapisz w *Tabeli* na karcie pracy.

Uwaga!

Przed rozpoczęciem badania należy ustalić dokładność z jaką będziemy mierzyli wartości napięcia i natężenia oraz maksymalne wartości jakie są możliwe do zmierzenia przez używane mierniki. Po podłączeniu kolejnych ogniw (ustaleniu napięcia na zasilaczu) należy odczytać wskazania woltomierza oraz amperomierza i zapisać je w przygotowanej tabeli.

Zadanie:

Żarówka samochodowa przy napięciu 12 V ma moc 40 W (przyjmujemy, że opór jej włókna nie zmienia się ze zmianą temperatury). Gdy dołączymy ją do napięcia 6 V, to jej moc wyniesie:

- | | |
|----------|----------|
| a) 5 W, | c) 20 W, |
| b) 10 W, | d) 80 W. |

KARTA PRACY

9. Wyznaczanie mocy żarówki zasilanej z baterii za pomocą woltomierza i amperomierza

Doświadczenie 1.

Tabela. Wyznaczanie mocy żarówki

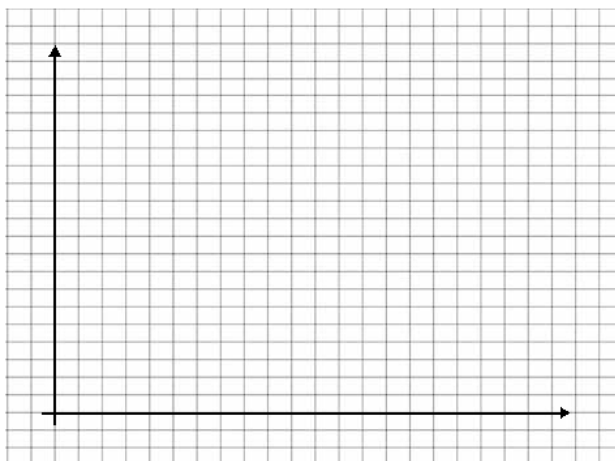
Numer pomiaru:	U, V	I, A	$P = UI, W$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

$\Delta U = \dots\dots\dots$ $\Delta I = \dots\dots\dots$

Wnioski po wykonanych pomiarach

.....

Na podstawie danych z tabeli sporządź wykres zależności mocy żarówki od przyłożonego do niej napięcia:



Co można powiedzieć o mocy żarówki i jej związku z przyłożonym do niej napięciem?

.....

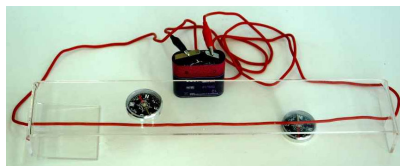
INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 10: Demonstracja działania prądu w przewodzie na igłę magnetyczną (zmiany kierunku wychylenia przy zmianie kierunku przepływu prądu, zależność wychylenia igły od pierwotnego jej ułożenia względem przewodu)

Michał Strobel, Zespół Szkół Nr 2 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- igły magnetyczne z podstawkami lub małe kompasy,
- drut umocowany na podstawie,
- dwie baterie płaskie,
- przewody, krokodylki,
- szyba lub płyta z pleksi.

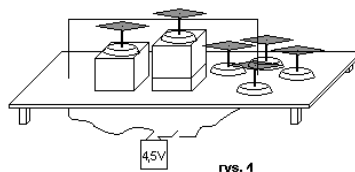


Uwaga! Za każdym razem dopasuj ustawienie podstawki z drutem do ustawienia igły magnetycznej. Pamiętaj, że kiedy w obwodzie nie płynie prąd o ustawieniu igły magnetycznej decyduje ziemskie pole magnetyczne, na które nie masz wpływu.

Doświadczenie 1.

Badanie pola magnetycznego wokół przewodu z prądem:

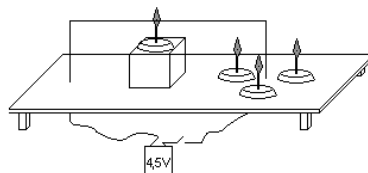
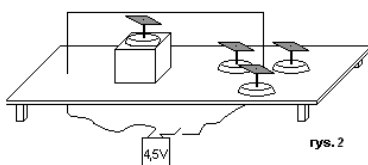
- 1) Ustaw doświadczenie według schematu pokazanego na rysunku (**patrz rys. 1**)
- 2) Zamknij obwód z prądem.
- 3) Zaobserwuj zachowanie się igieł magnetycznych.
- 4) Przedyskutuj odpowiedź na pytanie, czy po zamknięciu obwodu z prądem pojawiło się wokół przewodu pole magnetyczne? Zapisz odpowiedź.



Doświadczenie 2.

Badanie zależności wychylenia igły magnetycznej od pierwotnego jej ułożenia względem przewodu.

- 1) Zaobserwuj zachowanie się igieł magnetycznych pokazanych na schemacie (**patrz rys. 2**) po zamknięciu obwodu z prądem. W celu uzyskania odpowiedniego ustawienia zmieniaj ustawienie podstawki z wygiętym drutem.
- 2) Przedyskutuj odpowiedź na pytanie, jak wychylenie igły magnetycznej zależy od pierwotnego jej ułożenia względem przewodu. Przedstaw propozycję swojej odpowiedzi na rysunku.



Doświadczenie 3.

Badanie kształtu linii pola magnetycznego wytworzonego wokół przewodu z prądem

- 1) Zaobserwuj jak ustawiają się igły magnetyczne, rozstawione wokół przewodu, po zamknięciu obwodu z prądem.
- 2) Przedyskutuj odpowiedź na pytanie, jak według Ciebie wyglądają linie pola magnetycznego wokół przewodu z prądem. Narysuj swoją propozycję kształtu linii tego pola magnetycznego. (zaznacz na rysunku kierunek płynącego w przewodzie prądu).

Doświadczenie 4.

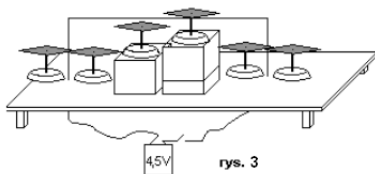
Badanie zachowania się igieł magnetycznych po zmianie kierunku płynącego prądu

- 1) Ustaw doświadczenie tak jak pokazuje schemat (**patrz rys. 1**)
- 2) Zamień bieguny baterii tak, by prąd mógł płynąć w przeciwną stronę.
- 3) Zamknij obwód elektryczny
- 4) Przedyskutuj odpowiedź na pytanie, jak zmieniło się zachowanie igieł magnetycznych. Przedstaw swoją propozycję na rysunku. Zaznacz na nim kierunek płynącego w przewodzie prądu.
- 5) Porównaj rysunek wykonany w doświadczeniu 4 i 5. Spróbuj przedyskutować odpowiedzieć na pytanie: w jaki sposób zwrot linii wytworzonego przez prąd pola magnetycznego zależy od kierunku tego prądu?

Problem:

Czy można określić biegunki magnetyczne dla pola magnetycznego wytworzonego wokół przewodu z prądem?

- 1) Na podstawie poczynionych obserwacji przedyskutuj odpowiedź na pytanie, czy można, dla linii pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd płynący w prostoliniowym przewodzie, określić miejsce, z którego linie pola magnetycznego wychodzą (biegun północny) lub miejsce do którego wchodzi (biegun południowy).
- 2) Ustaw doświadczenie według schematu (**patrz rys. 3**). Zamknij obwód z prądem.
- 3) Spróbuj przedyskutować odpowiedź na pytanie, czy można, dla linii pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd płynący w ramce, określić miejsce, z którego linie pola magnetycznego wychodzą (biegun północny) lub miejsce do którego wchodzi (biegun południowy). Zapisz odpowiedź, ewentualnie przedstaw dodatkowo propozycję odpowiedzi na rysunku.



rys. 3

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 11: **Demonstracja zjawiska załamania światła (zmiana kąta załamania przy zmianie kąta padania – jakościowo)**

Kazimierz Wojciechowski, Zespół Szkół Ogólnokształcących i Technicznych nr 13 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

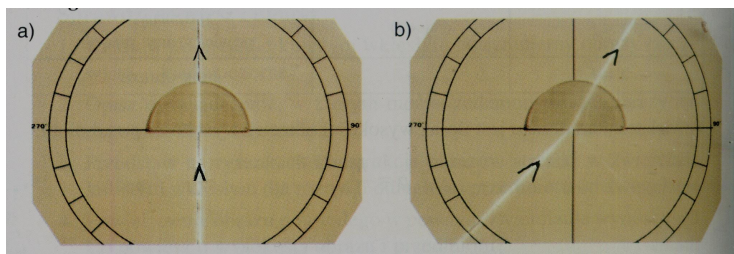
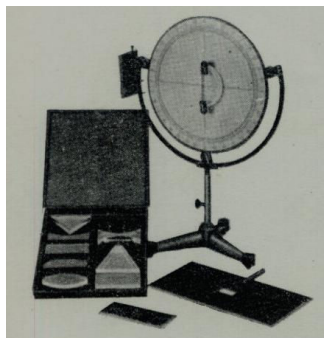
- tarcza Kolbego,
- wskaźnik laserowy,
- szklany półkrążek,
- naczynie z wodą,
- kątomierz, linijka, ołówek (długopis), kartki papieru,
- płytki (tafla) styropianu, szpilki.

Doświadczenie 1.

Badanie zjawiska załamania światła

Zamocuj na tarczy Kolbego szklany półkrążek tak, aby jego środek pokrywał się ze środkiem tarczy. Promień lasera kierujemy na środkową część płaskiej ściany półkrążka prostopadle do niej, czyli pod kątem padania 0 stopni. Obserwuj bieg promienia załamanego. Następnie zwiększamy kąt padania światła w powietrzu o 20 stopni i odczytujemy odpowiadające mu kąty załamania. Zwiększamy następnie kąt o 20 stopni i ponownie odczytujemy kąt załamania. Pomiary powtarzamy, zwiększając za każdym razem kąt padania światła w powietrzu o kolejne 20 stopni.

Doświadczenie powtarzamy używając naczyń z wodą.



Doświadczenia w gimnazjum – podstawa programowa

Doświadczenie 2.

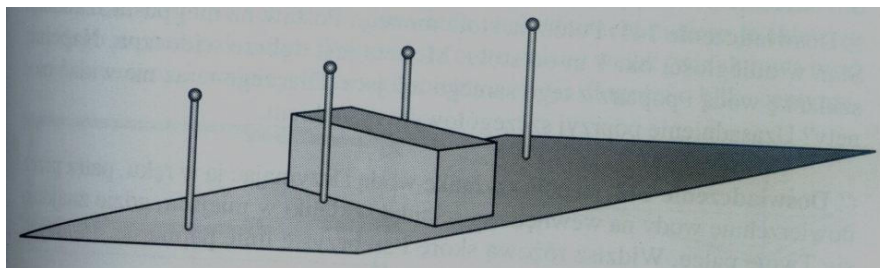
Badanie całkowitego wewnętrznego odbicia światła

Umocuj szklany półkružek na tarczy Kolbego tak aby promień świetlny z lasera padał na wypukłą powierzchnię półkružka. Następnie należy obserwować zachowanie się promienia świetlnego na granicy szkło – powietrze w czasie zwiększania kąta padania światła w szkło

Doświadczenie 3.

Badanie zjawiska załamania światła w płytce równoległościennnej

Na płytkę z styropianu połów kartkę papieru a na niej połów prostopadłościenn szklany (może być przezroczyste tworzywo – pleksiglas). Zaznacz na kartce krawędzie prostopadłościenn, wbij w styropian szpilki w ten sposób, aby pozornie znajdowały się wszystkie na linii prostej. Narysuj na kartce wyznaczoną przez ślady szpilek rzeczywistą drogę promienia świetlnego.



Doświadczenia domowe (do samodzielnego wykonania).

1) Przyrządy: szklanka, woda i ołówek (patyczek, kredka).

Przebieg doświadczenia: Do zlewki z wodą włóż ołówek.

Wyniki obserwacji:

Wnioski:

2) Przyrządy: filiżanka lub kubek, moneta i plastelina.

Przebieg doświadczenia: Monetę włóż do pustej filiżanki (umocuj ją za pomocą plasteliny).

Następnie przesun filiżankę tak, aby widzieć tylko brzeg monety i napełnij ją wodą.

Uwaga! Nie zmieniaj położenia oczu.

Wyniki obserwacji:

Wnioski:

KARTA PRACY

11. Demonstracja zjawiska załamania światła (zmiana kąta załamania przy zmianie kąta padania – jakościowo)

Doświadczenie 1.

Badanie zjawiska załamania światła

Tabela. Wartości kątów padania i załamania przy przejściu światła z powietrza do szkła i z powietrza do wody

Kąt padania światła w powietrzu (w stopniach)	Kąt załamania światła w szkło(w stopniach)	Kąt załamania światła w wodzie(w stopniach)
0		
20		
40		
60		

1. Opisz co dzieje się gdy promień świetlny przechodzi z jednego ośrodka przezroczystego do drugiego

.....

.....

.....

2. Opisz co dzieje się przy zwiększaniu kąta padania światła

.....

.....

.....

3. Opisz które kąty są większe a które mniejsze (padania czy załamania)

.....

.....

.....

4. Opisz co dzieje się z kątem załamania przy kącie padania 0 stopni

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

Badanie całkowitego wewnętrznego odbicia światła

1. Opisz co dzieje się z kątem załamania światła gdy zwiększamy kąt padania światła w szkle

.....

.....

.....

2. Wyjaśnij kiedy kąt załamania w powietrzu będzie wynosił 90 stopni. Podaj nazwę tego kąta .

.....

.....

.....

3. Opisz jak zachowa się promień światła przy zwiększeniu kąta padania

.....

.....

.....

4. Podaj gdzie w dzisiejszej technologii znalazło zastosowanie całkowitego wewnętrznego odbicia

.....

.....

.....

Doświadczenie 3.

Badanie zjawiska załamania światła w płytce równoległościennej

1. W tym doświadczeniu wyznacz odpowiednie kąty i opisz powyższe doświadczenie.

.....

.....

.....

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 12: Wyznaczanie okresu i częstotliwości drgań wahadła matematycznego oraz okresu i częstotliwości drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie.

Ilona Orzłowska, Gimnazjum nr 2 w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- statyw,
- sprężyna,
- plastelina,
- nitka,
- ciężarki.

Doświadczenie 1.

- 1) Na statywie zawieś kulkę z plasteliny, na nici o długości $l = 1$ m
- 2) Otrzymane wahadło wychył z położenia równowagi o kąt nie większy niż 20° i zmierz czas dla $n_1 = 10$ pełnych wahań.
- 3) Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 1*.
- 4) Powtórz pomiar dla $n_2 = 20$ i $n_3 = 30$
- 5) Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 1*.

Doświadczenie 2.

- 1) Na statywie zawieś kulkę z plasteliny, na nici o długości $l_1 = 0,5$ m
- 2) Otrzymane wahadło wychył z położenia równowagi o niewielki kąt i zmierz czas dla $n = 10$ pełnych wahań
- 3) Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 2*.
- 4) Powtórz pomiar dla wahadła o długości $l_2 = 0,25$ m
- 5) Wyniki zapisz w karcie pracy, *Tabela 2*.

Doświadczenie 3.

- Na statywie zawieś sprężynę
- Na sprężynie zawieś ciężarek
- Trzymając ciężarek, rozciągnij nieco sprężynę (2-3 cm) i zmierz czas dla $n = 10$ pełnych drgań
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 3*.
- Powtórz doświadczenie zwiększając wychylenie ciężarka (5-6 cm)
- Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 3*.

Doświadczenie 4.

- 1) Na statywie zawieś sprężynę
- 2) Na sprężynie zawieś 2 ciężarki
- 3) Trzymając ciężarki, rozciągnij sprężynę (5-6 cm) i zmierz czas dla $n = 10$ pełnych drgań
- 4) Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 4*.
- 5) Powtórz doświadczenie zawieszając 3 ciężarki
- 6) Wynik zapisz w karcie pracy, *Tabela 4*.

KARTA PRACY

12. Wyznaczanie okresu i częstotliwości drgań wahadła matematycznego oraz okresu i częstotliwości drgań ciężarka zawieszonego na sprężynie.

Doświadczenie 1.

Tabela 1.

Pomiar	Liczba drgań n	Czas drgań t [s]	Okres drgań T [s]	Częstotliwość drgań f [Hz]
1	10			
2	20			
3	30			

Okres drgań wahadła $T = \frac{t}{n}$, częstotliwość drgań wahadła $f = \frac{1}{T}$

Obserwacje i wnioski

Doświadczenie 2.

Tabela 2.

Pomiar	Długość wahadła l [m]	Liczba drgań n	Czas drgań t [s]	Okres drgań T [s]	Częstotliwość drgań f [Hz]
1	0,5	10			
2	0,25	10			

Obserwacje i wnioski

Doświadczenie 3.

Tabela 3.

Pomiar	Liczba drgań n	Czas drgań t [s]	Okres drgań T [s]	Częstotliwość drgań f [Hz]
1	10			
2	10			

Obserwacje i wnioski

Doświadczenie 4

Tabela 4.

<i>Pomiar</i>	<i>Liczba drgań n</i>	<i>Ilość ciężarków</i>	<i>Czas drgań t [s]</i>	<i>Okres drgań T [s]</i>	<i>Częstotliwość drgań f [Hz]</i>
1	10	2			
2	10	3			

Obserwacje i wnioski

Podsumowanie

Od czego zależy okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego oraz ciężarka zawieszonego na sprężynie?

Zadanie problemowe:

Okres drgań wahadła o długości 50 cm wynosi 1,5 s. Jacek, chcąc zmniejszyć okres drgań tego wahadła, zawiesił na końcu nitki ciężarek o mniejszej masie. Co sądzisz o Jego pomysłe? Jak postąpiłbyś na jego miejscu? Odpowiedź uzasadnij

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 13: **Wytwarzanie dźwięku o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za pomocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego.**

Krzysztof Gołębiowski, I Liceum Ogólnokształcące w Toruniu

Zestaw przyrządów i materiałów:

- brzeszczot, linijka,
- imadło,
- syrena Savarta, wirownica,
- monochord, gitara,
- flet,
- kieliszek, szklanka, piłeczka pingpongowa na nitce.



Doświadczenie 1.

1) Zamocuj w imadle brzeszczot piły do metalu jednym końcem lub silnie dociśnij do stołu jeden koniec linijki. Wpraw w ruch drugi koniec. Powtarzaj doświadczenie skracając wystającą część brzeszczotu lub linijki. Wynik obserwacji zapisz na karcie pracy.

2) Umocuj syrenę Savarta na wirownicy lub w uchwycie wiertarki. Wpraw w ruch obrotowy krążki syreny. Paskiem z cienkiej pleksi lub kartonu dotykaj do kolejnych krążków. Wsłuchaj się w wydawane dźwięki. Opisz efekt na karcie pracy.

Doświadczenie 2.

1) Obejrzyj dokładnie struny monochordu lub instrumentu strunowego (gitary, skrzypiec). Pobudź do drgań kolejne struny. Opisz swoje wrażenie na karcie pracy.

2) Sprawdź, czy napięcie struny wpływa na wysokość dźwięku.

3) Zmieniaj długość wprawionej w drgania struny poprzez oparcie jej o progi.

Zadanie domowe:

Potrzyj zwilżonym palcem szklany kieliszek lub szklankę. Usłyszałeś dźwięk. O ściankę naczynia oprzyj lekko zawieszoną na nitce piłeczkę pingpongową. Postaraj się wydobyć z naczynia ponownie dźwięk obserwując zachowanie piłeczki. Powtórz czynność dolewając do naczynia stopniowo wody. Wyniki obserwacji zapisz w zeszytach.

KARTA PRACY

13. Wytwarzanie dźwięku o większej i mniejszej częstotliwości od danego dźwięku za pomocą dowolnego drgającego przedmiotu lub instrumentu muzycznego.

Doświadczenie 1.

1. Wytwarzanie dźwięku o różnych częstotliwościach

Opisz, jak zmienia się częstotliwość dźwięku wraz ze zmianą długości wystającej części drgającego brzeszczotu/drgającej linijki

.....

.....

.....

2. Który krążek wydaje wyższe dźwięki, o mniejszej liczbie zębów, czy o większej liczbie zębów?

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

Zależność wysokości dźwięku od długości struny

Która struna wydaje niższy dźwięk, gruba czy cieńsza?

.....

.....

.....

.....

Opisz jak zależy wysokość dźwięku od napięcia struny?

.....

.....

.....

.....

Opis jak wpływa zmiana długości struny na wydawany dźwięk.

.....

.....

.....

.....

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Temat 14: **Wytwarzanie za pomocą soczewki skupiającej ostrego obrazu przedmiotu na ekranie dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu.**

Arleta Walenda, Publiczne Gimnazjum w Kowalewie Pomorskim

Zestaw przyrządów i materiałów:

- ława optyczna,
- źródło światła,
- soczewka skupiająca o znanej ogniskowej,
- przesłona ze szczeliną,
- ekran.

Doświadczenie 1.

1) Na ławie optycznej umieść w kolejności od lewej źródło światła z przesłoną (przedmiot), soczewkę skupiającą i ekran. Ustaw przedmiot w odległości większej od podwójnej ogniskowej. Ustal cechy otrzymanego obrazu. Zmieniając położenie przedmiotu przesuwaj go w stronę soczewki i obserwuj zmiany położenia obrazu na ekranie oraz inne jego właściwości. Umieść przedmiot w odległości x od soczewki i ustal za każdym razem własności obrazu, gdy:

- a) $x = 2f$,
- b) $f < x < 2f$,
- c) $x > 2f$.

Wynik obserwacji zapisz na karcie pracy.

2) Wykonaj konstrukcje obrazów na karcie pracy, umieszczając przedmiot w odległości:

- a) $x = 2f$,
- b) $f < x < 2f$,
- c) $x > 2f$.

Jakie obrazy uzyskasz? Czy potwierdzą się obserwacje zauważone w punkcie 1? Zapisz na karcie pracy.

Doświadczenie 2. (dla chętnych)

1) Powtórz doświadczenie 1 umieszczając przedmiot w odległości $x < f$. Opisz swoje obserwacje na karcie pracy.

2) Sprawdź, czy taki sam obraz otrzymasz wykonując jego konstrukcje. Zapisz na karcie pracy.

Zadanie domowe:

Jak zmieniają się rozmiary obrazu rzeczywistego, jeżeli przedmiot zbliżamy do soczewki?. Odpowiedź zapisz w zeszycie.

KARTA PRACY

14. Wytwarzanie za pomocą soczewki skupiającej ostrego obrazu przedmiotu na ekranie dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu.

Doświadczenie 1.

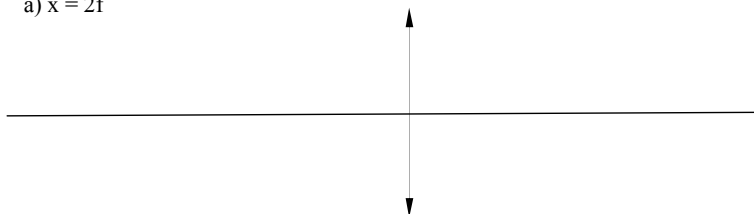
1. Wytwarzanie obrazu ostrego za pomocą soczewki skupiającej

Zapisz w tabelce swoje spostrzeżenia:

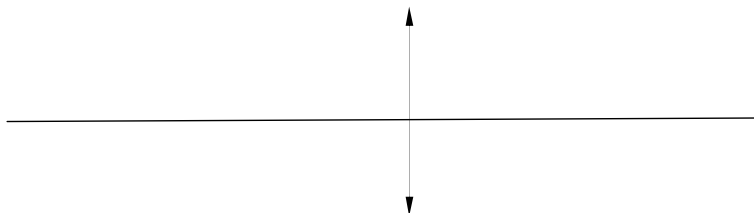
Odległość x przedmiotu od soczewki	Otrzymany obraz jest
$x = 2f$	
$f < x < 2f$	
$x > 2f$	

2. Uzupełnij rysunki i dokończ zdania:

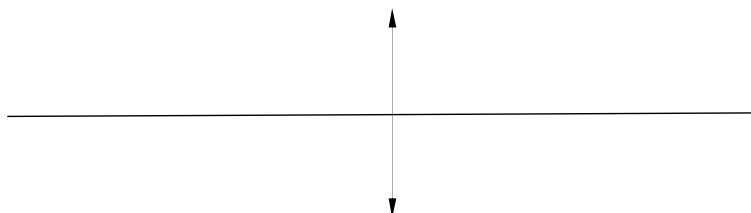
a) $x = 2f$



b) $f < x < 2f$



c) $x > 2f$



Doświadczenia w gimnazjum – podstawa programowa

Czy potwierdziły się twoje spostrzeżenia z punktu 1?

.....

.....

.....

.....

.....

Doświadczenie 2.

1. Jaki obraz uzyskałeś ustawiając przedmiot w odległości $x < f$?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Uzupełnij rysunek:

