



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Człowiek – najlepsza inwestycja

FENIKS

- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Pakiet nr 9:

Ładunki, prądy, magnesy

Witold ZAWADZKI

*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Uniwersytet Jagielloński*

Wersja UJ/1.0, maj 2010

Zawarte w tym opracowaniu materiały przeznaczone są do wspomagania pracy nauczycieli i uczniów w czasie zajęć pozalekcyjnych w szkołach biorących udział w projekcie edukacyjnym FENIKS. Materiały do realizacji w czasie zajęć na uczelniach uczelnie przygotowują niezależnie.

<http://www.fais.uj.edu.pl/FENIKS/>

<http://feniks.ujk.kielce.pl/>



- długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Spis tematów:

Wstęp.....	1
Doświadczenie 1: Taśma klejąca	2
Doświadczenie 2: Puszka i rurka.....	3
Doświadczenie 3: Elektryzowanie wody.....	4
Doświadczenie 4: Bateria z cytryny	6
Doświadczenie 5: Wyznaczenie pojemności elektrycznej baterii	7
Doświadczenie 6: Wyznaczenie oporu właściwego miedzi	8
Doświadczenie 7: Wyznaczenie temperatury włókna żarówki	10
Doświadczenie 8: Jak wyprostować prąd?	11
Doświadczenie 9: Jak to jest z magnesami?	14
Doświadczenie 10: Czy magnes przyciąga wolfram?	15
Doświadczenie 11: Jak wytworzyć prąd?	16
Doświadczenie 12: Na przekór	17

Wstęp

Celem pakietu „Elektryczność i magnetyzm” jest zapoznanie uczniów z podstawowymi pojęciami i zjawiskami z zakresu elektryczności statycznej, prądu elektrycznego i magnetyzmu.

Zjawiska elektryczne i magnetyczne odgrywają niezwykle istotną rolę naszym życiu. To dzięki elektryczności i magnetyzmowi istnieją atomy i „wyższe formy” materii, dzięki nim dostrzegamy świat, dzięki nim żyjemy. Zdecydowana większość zjawisk, które obserwujemy na co dzień (poza przyciąganiem grawitacyjnym), to zjawiska elektromagnetyczne, choć z elektrycznej natury tych zjawisk najczęściej nawet nie zdajemy sobie sprawy (np. tarcie, sprężystość). Nawet światło ma naturę elektryczną. Dlatego tak ważne, w kontekście odbudowy i popularyzacji fizyki, jest odpowiednie nauczanie elektromagnetyzmu, poparte doświadczeniami i obserwacjami, ze szczególnym wskazaniem na wagę odkryć fizycznych w tej dziedzinie dla współczesnej cywilizacji.

W pakiecie „Elektryczność i magnetyzm” zostały opisane proste eksperymenty. Większość doświadczeń powinna zostać wykonana na zajęciach w szkole lub w czasie zajęć na pracowni na uczelni. Niektóre, prostsze doświadczenia, uczniowie mogą wykonać lub powtórzyć samodzielnie w domu. Część doświadczeń może być uzupełniona filmami lub animacjami komputerowymi. Na podstawie wyników eksperymentów i poczynionych obserwacji należy omówić zagadnienia związane z każdym z przedstawionych tematów oraz przedstawić praktyczne wykorzystanie tych zjawisk w technice i życiu codziennym.

W wersji kolorowej pakiet dostępny jest na stronie internetowej

<http://th-www.if.uj.edu.pl/~feniks/pakiety>

Doświadczenie 1: Taśma klejąca

Celem doświadczenia jest pokazanie metody elektryzowania ciał oraz oddziaływania elektrostatycznego ładunków jednakowych znaków oraz różnych znaków.

Krótki opis doświadczenia:

Doświadczenie polega na badaniu oddziaływania elektrostatycznego naelektryzowanych kawałków taśmy klejącej.

Wymagana wiedza uczniów:

Elektryzowanie ciał, oddziaływanie elektrostatyczne.

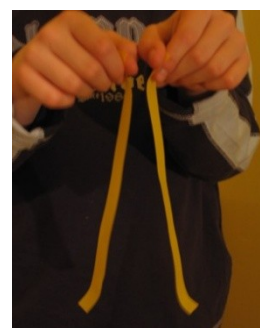
Przyrządy i materiały:

Wąska taśma izolacyjna (lub biurowa taśma klejąca), nożyczki, blat stołu. Dodatkowo: laseczka szklana i kawałek jedwabiu lub laseczka ebonitowa i kawałek sukna.

Eksperyment:

Część I

1. Ucinamy dwa kawałki taśmy o długości około 15 cm.
2. Każdy kawałek taśmy przyklejamy na stole. Następnie trzymając każdy kawałek taśmy inną ręką, szybkim ruchem odrywamy je ze stołu. Taśmy trzymamy tak, aby zwisały pionowo. Staramy się nie dotknąć odklejonych, wiszących kawałków taśmy.
3. Powoli zbliżamy kawałki taśmy do siebie tak, aby się nie zetknęły. Obserwujemy co dzieje się ze swobodnie wiszącymi końcami taśm.



Część II

1. Ucinamy dwa nowe kawałki taśmy o podobnej długości.
2. Jeden kawałek taśmy przyklejamy bezpośrednio do blatu stołu, a drugi kawałek przyklejamy na pierwszy tak, aby nie dotykał stołu.
3. Odklejamy sklezione taśmy od stołu. Następnie, trzymając każdy kawałek taśmy inną ręką, szybkim ruchem odrywamy taśmy od siebie. Trzymamy je tak, aby zwisały pionowo.
4. Powoli zbliżamy kawałki taśmy do siebie uważając, aby się nie zetknęły. Obserwujemy co dzieje się ze swobodnie wiszącymi końcami taśm.



Komentarz:

Po przyklejeniu taśmy izolacyjnej do blatu stołu atomy kleju taśmy znajdują się bardzo blisko atomów stołu. Przy gwałtownym oderwaniu taśmy, fragmenty atomów najściślej związanych ze stołem (elektrony), przylepiają się do taśmy. Na każdej taśmie oprócz elektrycznie obojętnych atomów taśmy, znajdują się też elektrony ze stołu. Oba kawałki taśmy są więc naelektryzowane

ładunkami tego samego znaku. Oddziaływanie pomiędzy tymi ładunkami powoduje odpychanie się obu kawałków taśmy, więc taśmy odchylają się od siebie.

Gdy rozdzielamy taśmy sklejone ze sobą w drugiej części doświadczenia niektóre elektrony z jednego kawałka przechodzą na drugi kawałek taśmy. Zatem jeden kawałek taśmy ma więcej elektronów niż protonów (jest więc naelektryzowany ujemnie), a drugi mniej elektronów niż protonów - jest więc naelektryzowany dodatnio). Taśmy mają więc ładunki różnych znaków, które się przyciągają. Dlatego kawałki taśmy odchylają się do siebie.

Przy pomocy dodatkowej laski szklanej lub ebonitowej możemy sprawdzić, jaki jest znak ładunków naelektryzowanych kawałków taśmy. W tym celu należy sprawdzić czy naelektryzowana laseczka przyciąga czy odpycha dany kawałek taśmy. Znak ładunku na taśmie określamy pamiętając, że laseczka ebonitowa lub wykonana z innego tworzywa sztucznego potarta sukrem elektryzuje się ładunkiem ujemnym, a laseczka szklana potarta papierem lub jedwabiem – ładunkiem dodatnim.

Uwaga: doświadczenie najlepiej wykonać przy suchej pogodzie i w suchym pomieszczeniu. Wilgoć zawarta w powietrzu utrudnia naelektryzowanie ciał.

Doświadczenie 2: Puszka i rurka

Celem doświadczenia jest pokazanie metody elektryzowania ciał przez indukcję oraz oddziaływania elektrostatycznego ładunków jednakowych znaków oraz różnych znaków.

Krótki opis doświadczenia:

Doświadczenie polega na obserwacji oddziaływania nienaelektryzowanej metalowej puszki z naładowaną laseczką lub rurką.

Wymagana wiedza uczniów:

Elektryzowanie ciał, oddziaływanie elektrostatyczne, dipol elektryczny.

Przyrządy i materiały:

Metalowa, pusta puszka po napoju, plastikowa rurka do napojów lub laseczka, wypoziomowany blat biurka lub stołu.

Eksperyment:

1. Zwracamy uwagę na fakt, że puszka nie jest naelektryzowana. Możemy dotknąć puszką uziemienia (wystającego bolca) w kontakcie lub kaloryfera (niepomalowanej części), aby ewentualnie nadmiarowy ładunek odpłynął z puszki.
2. Kładziemy puszkę na stole tak, aby mogła się toczyć. Zatrzymujemy ją.
3. Elektryzujemy rurkę lub laseczkę pocierając ją o sweter lub włosy.



4. Zbliżamy naelektryzowaną rurkę do puszki na odległość 1-2 cm, ale tak, aby nie dotknąć puszki!
5. Obserwujemy co dzieje się z puszką.

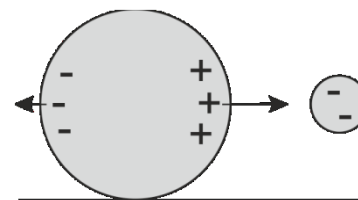
Uwaga:

Jeśli rurka dotknie puszki, to należy ją rozładować wykonując punkt 1.

Komentarz:

Obojętna elektrycznie puszka zawiera tyle samo elektronów, co protonów, jest więc nienaładowana (elektrycznie obojętna). Jednakże, ponieważ puszka jest wykonana z metalu, część jej elektronów może się swobodnie przemieszczać w obrębie całej puszki.

Potarta słomka do napojów elektryzuje się ładunkiem ujemnym. Po zbliżeniu jej do puszki, nadmiarowe elektrony w słomce odepchną swobodne elektrony w puszcze, a te przepłyną na drugą stronę puszki (do części najbardziej oddalonej od słomki). Choć całkowity ładunek puszki w dalszym ciągu będzie zerowy,



to część puszki znajdująca się dalej od rurki będzie naelektryzowana ładunkiem ujemnym, a część puszki od strony rurki – ładunkiem dodatnim. Mówimy, że puszka stała się *dipolem elektrycznym* oraz że naelektryzowała się przez indukcję. Ładunek dodatni z puszki i ujemny ze słomki przyciągają się, a z powodu mniejszej odległości siła ta jest większa niż siła odpychania pomiędzy elektronami z puszki i elektronami ze słomki. Dlatego puszka zaczyna się toczyć w stronę słomki.

Literatura:

1. M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, *Fizyka dla gimnazjum* cz. 3, ZamKor, Kraków 2008.
2. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 381-383.

Doświadczenie 3: Elektryzowanie wody

Celem doświadczenia jest poznanie polarnych właściwości cząsteczek wody.

Krótki opis doświadczenia:

Doświadczenie polega na obserwacji zachowania się stróżki wody w obecności naelektryzowanego ciała.

Wymagana wiedza uczniów:

Oddziaływanie elektrostatyczne, polarny charakter cząsteczek wody.

Przyrządy i materiały:

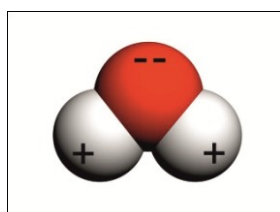
Plastikowa rurka do napojów lub laseczka lub nadmuchany balon, stróżka wody z kranu.

Eksperyment:

1. Elektryzujemy rurkę lub laseczkę lub balon pocierając o sweter lub włosy.
2. Zbliżamy naelektryzowany przedmiot do strużki wody z kranu na odległość kilku milimetrów. Nie dotykamy przedmiotem strużki!
3. Obserwujemy zachowanie strużki wody.



Komentarz:



Cząsteczka wody jest elektrycznie neutralna, ale elektrony w wiązaniach chemicznych wodoru z tlenem są przesunięte w stronę atomu tlenu. Dlatego cząsteczki wody mają właściwości polarne - z jednej strony cząsteczki - po stronie atomu tlenu - przeważa ładunek ujemny, a z drugiej dodatni. Mówi się, że cząsteczka wody jest *dipolem elektrycznym*.

Gdy zbliżamy ujemnie naelektryzowane ciało do strużki wody, cząsteczki wody przekręcają się: strona mająca ładunek ujemny (czyli tego samego znaku co rurka) ustawia się dalej od rurki, a strona mająca ładunek dodatni (czyli przeciwnego znaku niż rurka) ustawia się bliżej rurki. Ładunki przeciwnego znaku znajdują się zatem bliżej rurki, a więc są mocniej przyciągane przez naelektryzowaną rurkę - podobnie jak puszka w poprzednim doświadczeniu. To powoduje, że rurka przyciąga cząsteczki wody i strużka wygina się w stronę rurki.

Warto dodać, że polarne właściwości wody zostały wykorzystane przy konstruowaniu kuchenki mikrofalowej.

W nawiązaniu do późniejszych doświadczeń z magnetyzmu warto zwrócić uwagę uczniów również na to, że w podobny sposób można wytłumaczyć zjawisko przyciągania magnesu i kawałka stali. Nienamagnesowany kawałek stali składa się z wielu nieuporządkowanych dipoli magnetycznych (tzw. domen). Jeśli kawałek stali umieścimy w pobliżu magnesu, to dipole magnetyczne ustawiają się podobnie jak cząsteczki wody – kawałek stali sam staje się magnesem i jest przyciągany przez pierwszy magnes. Oczywiście w przypadku ferromagnetyków, do których zalicza się stal, oddziaływanie to jest znacznie silniejsze.

Literatura:

1. M. Rozenbajgier, R. Rozenbajgier, *Fizyka dla gimnazjum* cz. 3, ZamKor, Kraków 2008.
2. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 381-383.
3. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Polarność>
4. K. Cieślak, *Kuchenska mikrofalowa – czy może być niebezpieczna*, Foton 89, Instytut Fizyki UJ, Lato 2005.

Doświadczenie 4: Bateria z cytryny

Celem doświadczenia jest zapoznanie się z działaniem ogniwa elektrycznego oraz baterii ogniów.

Krótki opis doświadczenia:

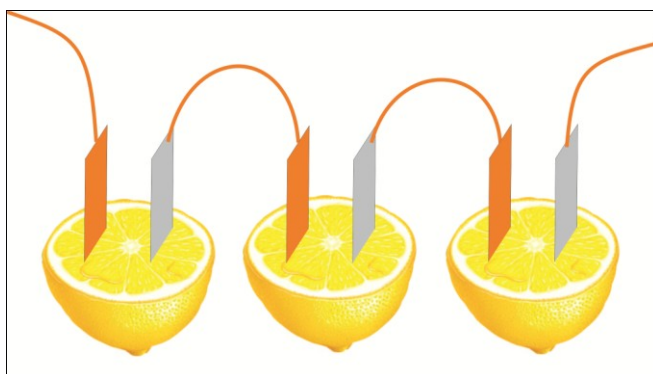
Badanie ogniwa zbudowanego z cytryny i blaszek.

Przyrządy i materiały:

Dwie cytryny, blaszki lub druciki z dwóch różnych metali, np. miedziane i cynkowe (po 3 lub 4 sztuki), woltomierz, przewody (najlepiej z „krokodylkami”), dioda świecąca (LED), tacka. Zamiast cytryn można użyć ziemniaki lub szklanki z silnie osolona wodą.

Eksperyment:

1. Cytryny rozcinamy na połówki i układamy na tacce.
2. Do każdej połówki cytryny wbijamy po jednej blaszce miedzianej i cynkowej tak, aby się ze sobą nie stykały i aby wystawały na zewnątrz.
3. Do blaszek jednego ogniwa podłączamy diodę świecącą. W ten sposób sprawdzamy czy tak zbudowane ogniwo jest w stanie zasilić diodę świecącą. Sprawdzamy obie możliwości podłączenia (tzn. zamieniamy końcówki diody).
4. Woltomierzem mierzymy napięcia zbudowanych ogniów.
5. Przy pomocy przewodów ogniwa łączymy ze sobą szeregowo w baterię. Przewodami łączymy ze sobą blaszkę miedzianą z jednej cytryny z blaszką cynkową z kolejnej.



6. Za pomocą woltomierza mierzymy napięcie baterii.
7. Sprawdzamy czy zbudowana bateria zasili diodę świecącą.

Komentarz:

Dwa różne metale włożone do elektrolitu tworzą ogniwo elektryczne. Napięcie ogniwa zależy od rodzaju użytych metali (szereg napięciowy metali). Napięcie pojedynczego ogniwa jest raczej małe (ok. 1 V), dlatego, aby dioda świecąca się świeciła, należy ogniwa połączyć szeregowo – wtedy napięcia ogniw sumują się (przy odpowiednim podłączeniu). Warto na to zwrócić uwagę uczniom, gdyż ma to znaczenie praktyczne (odpowiednie wkładanie „baterii - paluszków” do urządzeń elektronicznych np. pilota TV).

Doświadczenie 5: Wyznaczenie pojemności elektrycznej baterii

Celem doświadczenia jest wykształcenie wiedzy w zakresie właściwości i podstawowych parametrów źródeł prądu stałego. Jednym z takich podstawowych parametrów, oprócz napięcia elektrycznego, jest pojemność elektryczna. Informuje ona o tym, jak długo bateria jest w stanie dostarczać prąd o określonym natężeniu. Pojemność ogniwa podaje się w Ah (amperogodzinach) lub mAh (mili-amperogodzinach).

Krótki opis doświadczenia:

Pojemność elektryczną baterii wyznacza się poprzez jej całkowite rozładowanie.

Wymagana wiedza uczniów:

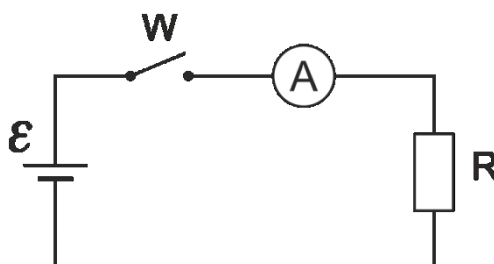
Natężenie prądu elektrycznego, ładunek elektryczny, pojemność elektryczna ogniwa.

Przyrządy i materiały:

Nowa bateria, np. „paluszek” AAA 1,5V, opornik o oporze 10- 20 Ω , przewody, włącznik, amperomierz, zegarek z sekundnikiem.

Eksperyment:

1. Łączymy obwód wg schematu:



2. Wartość oporu należy dobrać tak, aby bateria nie nagrzewała się zbyt mocno.
3. Zamykamy obwód wyłącznikiem W i rozpoczynamy pomiar czasu. Co pewien ustalony czas (np. 1 minuta) odczytujemy i notujemy wskazania amperomierza. Czas pomiędzy odczytami powinien być taki, aby natężenie prądu nie ulegało znacznej zmianie w tym czasie.
4. Wykonujemy wykres zależności $I(t)$, np. na dużym arkuszu papieru milimetrowego.
5. Obliczamy pojemność elektryczną ogniwa jako pole powierzchni pod krzywą $I(t)$. W tym celu dzielimy obszar na pionowe prostokąty o stałej szerokości Δt równej np. odstępowi czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami. Wysokości kolejnych prostokątów są równe natężeniom prądu $I(t)$. Pole powierzchni pod krzywą obliczamy jako sumę pól tych prostokątów. Wynik wyrażamy w Ah lub mAh.
6. Niepewność pomiaru określamy na podstawie klasy dokładności amperomierza. Niepewność pomiaru czasu można potraktować jako pomijalnie małą.

Komentarz:

Pojemność elektryczna typowego ogniwa AAA wynosi około 1100 mAh. Pojemność elektryczna ogniwa zależy jednak od kilku czynników, np. prądu rozładowania, temperatury ogniwa, a także tego, czy rozładowanie jest ciągle czy z przerwami.

Literatura:

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki t. 3*, PWN, Warszawa 2005.
2. http://pl.wikipedia.org/wiki/Bateria_AAA

Doświadczenie 6: Wyznaczenie oporu właściwego miedzi

Celem doświadczenia jest wyznaczenie oporu właściwego miedzi.

Krótki opis doświadczenia:

Opór właściwy (rezystywność) miedzi wyznacza się poprzez pomiar oporu drutu o znanych wymiarach.

Wymagana wiedza uczniów:

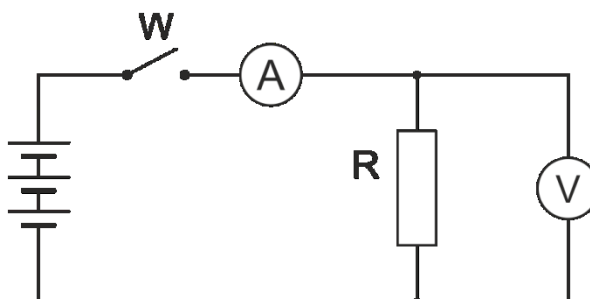
Prawo Ohma, zależność oporu przewodnika od jego wymiarów.

Przyrządy i materiały:

Co najmniej kilkadziesiąt metrów cienkiego drutu miedzianego w izolacji (średnica ok. 0,1 mm), bateria 4,5 V, woltomierz, miliamperomierz, przewody, włącznik, śruba mikrometryczna, miarka do pomiaru długości drutu.

Eksperyment:

1. Mierzymy długość drutu.
2. Za pomocą śruby mikrometrycznej mierzymy średnicę drutu (po zdjęciu izolacji!). Pomiar powtarzamy w kilku miejscach drutu. Obliczamy średnią oraz niepewność pomiarową.
3. Zdejmujemy izolację z końcówek drutu (1-2 cm).
4. Łączymy obwód elektryczny wg poniższego schematu (R – drut miedziany). Zwracamy szczególną uwagę na jakość wszystkich połączeń, np. końcówki badanego drutu kilka razy okręcamy wokół przewodów połączeniowych lub wtyków „bananowych”.



5. Zamykamy obwód wyłącznikiem W.
6. Mierzmy napięcie pomiędzy końcami przewodu oraz natężenie płynącego przez niego prądu.
7. Opór R przewodu obliczamy z prawa Ohma $R=U/I$.
8. Opór elektryczny przewodnika zależy od jego rodzaju oraz wymiarów:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

gdzie ρ – opór właściwy przewodnika, l - jego długość, S – pole powierzchni przekroju poprzecznego, $S=\pi r^2$.

Po przekształceniu wzoru otrzymujemy wzór, z którego obliczamy opór właściwy miedzi:

$$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{\pi r^2 R}{l}.$$

9. Niepewność pomiaru obliczamy metodą najmniej korzystnego przypadku, uwzględniając niepewność wyznaczenia oporu.

Komentarz:

Opór właściwy miedzi wynosi $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ (przy $20^\circ C$). Używając zbudowanego układu możemy wyznaczyć również opór właściwy innych przewodników – np. użytego w opornicy suwakowej. Można również wyznaczyć temperaturowy współczynnik oporu – należy zmierzyć opór przewodu w dwóch jak najbardziej różniących się temperaturach (np. $0^\circ C$ i $100^\circ C$). Uwaga: należy pamiętać o uwzględnieniu temperaturowej zmiany długości i średnicy drutu!

Literatura:

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki* t. 3, PWN, Warszawa 2005.
2. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Rezystywność>
3. http://pl.wikipedia.org/wiki/Temperaturowy_współczynnik_rezystancji

Doświadczenie 7: Wyznaczenie temperatury włókna żarówki

Celem doświadczenia jest zapoznanie się z zależnością oporu elektrycznego przewodnika od temperatury oraz wyznaczenie na tej podstawie temperatury włókna żarówki.

Krótki opis doświadczenia:

Temperaturę wolframowego włókna żarówki można wyznaczyć metodą pośrednią, poprzez pomiar oporu włókna świecącej żarówki.

Wymagana wiedza uczniów:

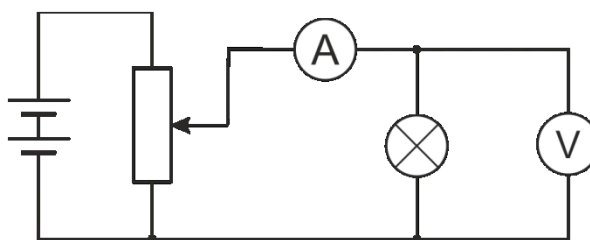
Opór elektryczny, zależność oporu od temperatury, temperaturowy współczynnik oporu.

Przyrządy i materiały:

Żarówka 12 V, przewody, woltomierz, amperomierz, omomierz, zasilacz o regulowanym napięciu lub dwie baterie płaskie 4,5V oraz opornica suwakowa 100 Ω , termometr pokojowy.

Eksperyment:

1. Jeśli posiadamy omomierz mierzymy za jego pomocą opór elektryczny R_0 włókna żarówki w temperaturze pokojowej. Jeśli nie posiadamy omomierza, to opór ten wyznaczymy po zmontowaniu układu pomiarowego opisanego w punkcie 2. przy małym napięciu zasilającym żarówkę. Na termometrze odczytujemy temperaturę otoczenia t_0 .
2. Łączymy obwód wg poniższego schematu. Jeżeli dysponujemy zasilaczem regulowanym, to podłączamy go zamiast baterii i opornicy.



3. Ustawiamy żądane napięcie zasilania żarówki, mierzymy napięcie na żarówce napięcie oraz natężenie płynącego przez nią prądu.
4. Opór R wolframowego włókna żarówki obliczamy z prawa Ohma $R=U/I$.
5. Opór przewodnika w funkcji temperatury można z dobrym przybliżeniem opisać wzorem

$$R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)],$$

gdzie: R_0 to opór przewodnika w temperaturze t_0 , α – temperaturowy współczynnik oporu. Z powyższego wzoru możemy otrzymać kolejny wzór:

$$t = \frac{R - R_0}{\alpha} + t_0,$$

z którego obliczymy temperaturę włókna żarówki. Temperaturowy współczynnik oporu wolframu $\alpha = 0,0045 \text{ K}^{-1}$.

6. Pomiar możemy powtórzyć dla różnych wartości napięcia zasilającego żarówkę, a więc dla różnych mocy P . Otrzymane wyniki przedstawiamy wtedy na wykresie w postaci zależności temperatury włókna żarówki od mocy P .
7. Niepewność pomiaru określamy na podstawie klas dokładności amperomierza i woltomierza np. metodą najmniej korzystnego przypadku.

Komentarz:

Włókno świecącej „zwykłej” żarówki osiąga temperaturę ponad 2000°C . Opisana metoda wyznaczenia temperatury włókna żarówki może posłużyć do pomiaru temperatury innych świecących obiektów, np. płomienia świecy [2].

Literatura;

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki t. 3*, PWN, Warszawa 2005.
2. W. Gorzkowski, A. Kotlicki, *Olimpiada Fizyczna – wybrane zadania doświadczalne z rozwiązaniami*, Stowarzyszenie „Symetria i Własności Strukturalne”, Poznań 1994.

Doświadczenie 8: Jak wyprostować prąd?

Celem doświadczenia jest zapoznanie się z działaniem i zastosowaniem półprzewodnikowej diody prostowniczej.

Krótki opis doświadczenia:

Badanie działania półprzewodnikowej diody prostowniczej w układach prądu stałego i przemiennego.

Wymagana wiedza uczniów:

Prąd stały i prąd przemienny, połączenie szeregowe i równoległe przewodników, sposób pomiaru napięcia.

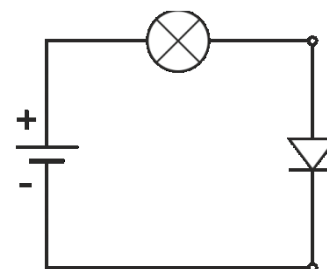
Przyrządy i materiały:

4 półprzewodnikowe diody prostownicze (np. typu 1N4002 lub BYP401/50), żarówka latarkowa, przewody, woltomierz, oscyloskop, zasilacz lub bateria płaska 4,5V, transformator o napięciu wtórnym 3-5V, np. transformator „dzwonkowy”, przewody połączeniowe w tym przewód sieciowy z wtyczką, taśma izolacyjna.

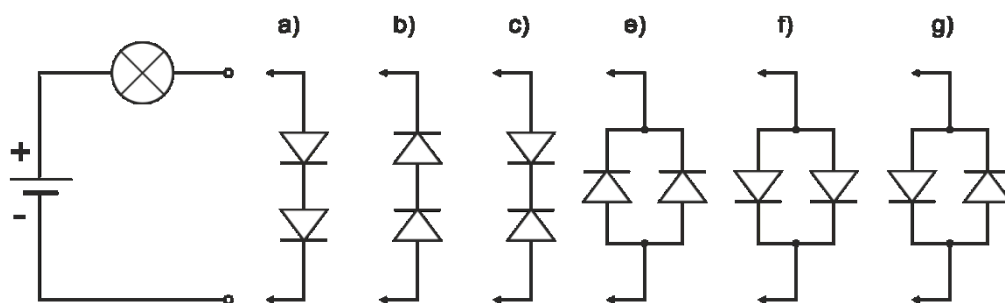
Eksperyment:

Część I – dioda w obwodach prądu stałego

1. Łączymy szeregowo diodę i żarówkę i podłączamy do baterii, jak na schemacie:
2. Obserwujemy czy żarówka świeci.
3. Woltomierzem mierzymy napięcia: baterii, na żarówce oraz na diodzie.
4. Zmieniamy ustawienie (kierunek) diody półprzewodnikowej i ponownie sprawdzamy czy żarówka świeci.

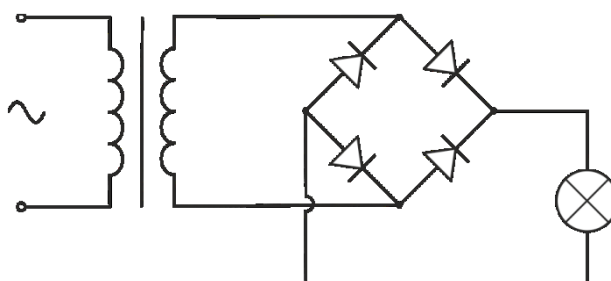
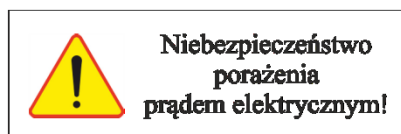


5. Sprawdzamy działanie układu przy podłączeniu dwóch diod w różnych kombinacjach połączeń, np. przedstawionych na poniższym schemacie:



Część II – dioda w obwodach prądu zmiennego

1. W zbudowanym wcześniej obwodzie odłączamy baterię, a na jej miejsce podłączamy uzwojenie wtórne transformatora. Uzwojenie pierwotne podłączamy za pomocą izolowanego kabla do sieci 230V. Uwaga!! Wszystkie miejsca, w których może wystąpić wysokie napięcie muszą być odpowiednio izolowane. Doświadczenie wykonać pod opieką nauczyciela!
2. Sprawdzamy świecenie żarówki podłączonej bezpośrednio do uzwojenia wtórnego transformatora (bez diody).
3. Kolejno przy każdym ustawieniu diod oraz układach dwóch diod obserwujemy czy żarówka świeci oraz jak mocno.
4. Do wejścia oscyloskopu podłączamy przewody, które dołączamy kolejno: do uzwojenia wtórnego transformatora, do diody, do żarówki.
5. Budujemy prostownik w układzie Graetza wg poniższego schematu. Uwaga! Bardzo ważne jest prawidłowe podłączenie diod prostowniczych!



6. Podłączamy układ do kontaktu. Obserwujemy świecenie żarówki. Porównujemy je ze świeceniem żarówki podłączonej bezpośrednio do transformatora.
7. Za pomocą oscyloskopu obserwujemy przebieg napięcia na żarówce.

Komentarz:

Część I:

Dioda półprzewodnikowa przewodzi prąd tylko wtedy, jeśli jest odpowiednio spolaryzowana, w tzw. kierunku przewodzenia, tj. anoda diody jest podłączona do (+), a katoda do (-). Można przyjąć, że opór tak podłączonej diody jest bliski zeru. Przy podłączeniu w kierunku przeciwnym, tzw. zaporowym, dioda nie przewodzi prądu, ma nieskończenie duży opór. Dlatego tylko w jednym z dwóch ustawień diody żarówka świeciła.

W tym przypadku napięcie na żarówce odpowiada napięciu baterii (pomniejszonemu o małe, ok. 0,7 V, napięcie na diodzie). W drugim przypadku napięcie na żarówce jest równe zeru, a napięcie na diodzie jest równe napięciu baterii.

Przy podłączeniu układu dwóch diod jak na rysunku żarówka będzie świecić tylko w przypadkach: a), f) i g). Można to uzasadnić w prosty sposób obliczając opór zastępczy układu diod.

Część II:

Przy podłączeniu prądu przemiennego i jednej diody żarówka świeci jednakowo jasno niezależnie od ustawienia diody, ale słabiej niż przy podłączeniu do transformatora bez diody. Dzieje się tak dlatego, że dowolnie podłączona dioda przewodzi prąd w jednej połowie okresu zmian napięcia, a w drugiej nie. Fakt ten uzasadniamy analizą obrazów na oscyloskopie. Wskazujemy na działanie diody jako jednopółwkowego prostownika prądu przemiennego.

W przypadku układu Graetza żarówka świeci tak samo jasno jak podłączona bezpośrednio do transformatora. Obserwując przebieg napięcia na żarówce stwierdzamy, że zbudowany układ to prostownik dwupółwkowy.

Należy zwrócić uczniom uwagę na fakt, że prostownik prądu znajduje się w prawie każdym urządzeniu elektronicznym zasilanym z sieci elektrycznej (zasilacze, ładowarki, itp.) oraz na powody, dla których w sieci przesyła się prąd zmienny: łatwość wytworzenia (prądnica) oraz łatwość zmniejszenia napięcia (transformator).

Literatura:

1. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 402-405.
2. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Dioda>
3. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Prostownik>

Doświadczenie 9: Jak to jest z magnesami?

Celem doświadczenia jest ustalenie zależności wartości siły oddziaływania pomiędzy dwoma magnesami od odległości pomiędzy nimi.

Krótki opis doświadczenia:

Pomiar siły oddziaływani dwóch magnesów neodymowych w zależności od ich odległości.

Wymagana wiedza uczniów:

Oddziaływanie magnetyczne, I zasada dynamiki, ciężar.

Przyrządy i materiały:

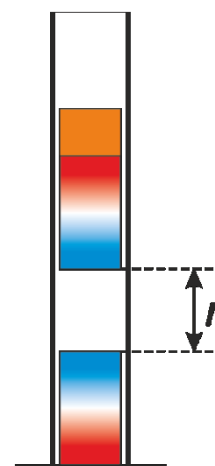
Dwa magnesy neodymowe (walcowe, długość – kilka centymetrów, okrągłe) namagnesowane wzdłuż swojej osi lub kilka krótszych połączonych ze sobą, obciążniki mosiężne o średnicy nie większej niż średnica magnesów, przezroczysta rurka z pleksi o średnicy trochę większej niż średnica magnesów (magnesy muszą się w niej swobodnie poruszać ale nie mogą przekreślać), waga, linijka, uchwyt do pionowego zamocowania rurki.



Uwaga! Magnesy neodymowe są bardzo silne. Należy obchodzić się z nimi bardzo ostrożnie. Nie wolno zderzać ich ze sobą – ryzyko uszkodzenia ciała oraz pęknięcia magnesów. Nie wolno zbliżać ich do urządzeń elektronicznych!

Eksperyment:

1. Ważymy magnesy oraz obciążniki.
2. Rurkę ustawiamy pionowo na stole.
3. Do rurki wkładamy oba magnesy zwrócone do siebie biegunami jednoimiennymi - tak, aby się odpychały. Jeden magnes spoczywa na stole, drugi dzięki sile odpychania lewituje.
4. Stopniowo obciążamy magnes, każdorazowo mierzymy odległość pomiędzy magnesami.
5. Wynik zapisujemy w tabeli, każdorazowo obliczamy ciężar lewitującego magnesu i odważników.
6. Sporządzamy wykres zależności wartości siły oddziaływania magnesów od odległości pomiędzy nimi.



Komentarz:

Wartość siły oddziaływania pomiędzy biegunami magnesów jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości pomiędzy nimi (prawo Coulomba dla biegunów magnetycznych). Zależność ta jest tym lepiej spełniona praktyce, im dłuższe są magnesy (nie trzeba wtedy uwzględniać oddziaływania dalszych biegunów magnesów).

Literatura:

1. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006.
2. A. Piekara, *Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa : Państwowe Wydawnictwa Naukowe, 1972.
3. http://pl.wikipedia.org/wiki/Magnes_neodymowy
4. <http://www.magnesy.eu/>

Doświadczenie 10: Czy magnes przyciąga wolfram?

Celem doświadczenia jest pokazanie siły elektrodynamicznej działającej na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym.

Krótki opis doświadczenia:

Obserwacja siły działającej na wolframowe włókno świecącej żarówki w obecności pola magnetycznego

Wymagana wiedza uczniów:

Oddziaływanie magnesu na przewodnik z prądem, prąd przemienny.

Przyrządy i materiał

Silny magnes neodymowy, lampka z przezroczystą żarówką z włóknem wolframowym.

Eksperyment:

1. Lampę wyłączamy. Do żarówki zbliżamy magnes neodymowy.
2. Obserwujemy włókno żarówki.
3. Włączamy lampkę. Ponownie zbliżamy do żarówki magnes.
4. Obserwujemy włókno żarówki. Nasłuchujemy.

Komentarz:

Zbliżenie magnesu do wyłączonej żarówki nie spowodował żadnego efektu (przyciągania włókna żarówki). W przypadku żarówki włączonej widoczne było drganie włókna oraz słyszalny był towarzyszący temu dźwięk. Na włókno żarówki, przez które przepływa prąd, umieszczone w polu magnetycznym działa siła elektrodynamiczna. Włókno odchyła się więc. Zwrot działającej siły zależy od kierunku przepływu prądu – dlatego przy zasilaniu żarówki prądem przemiennym włókno drga.

Warto zwrócić uwagę uczniów na praktyczne zastosowanie tego zjawiska (silnik elektryczny).

Literatura:

1. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 427.
2. G. Brzezinka, *Prosty silnik... i nie tylko*, Foton 98, Jesień 2007. IF UJ.

Doświadczenie 11: Jak wytworzyć prąd?

Celem doświadczenia jest pokazanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

Krótki opis doświadczenia:

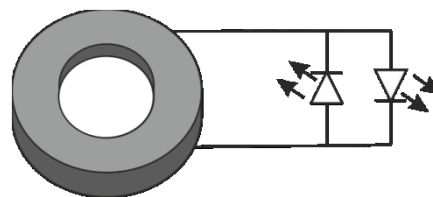
Obserwacja świecenia diod półprzewodnikowych zasilanych zwojnicą umieszczoną w zmiennym polu magnetycznym.

Przyrządy i materiał

Silny magnes neodymowy lub kilka słabszych połączonych razem, zwojnica posiadająca ponad 200 zwojów drutu, dwie diody świecące (LED) różnych kolorów, lutownica. Zwojnice można nawinąć samodzielnie drutem w emalii o średnicy np. 0,1 mm, końce drutu należy odizolować. Można też użyć uzwojenie z transformatora sieciowego (po usunięciu rdzenia). Najlepszy byłby magnes pierścieniowy, gdyż do jego otworu można włożyć np. długi gwóźdź ułatwiający trzymanie magnesu.

Eksperyment:

1. Do zwojnicy przylutowujemy diody świecące połączone antyrównolegle (tj. na „opak”), jak na schemacie:
2. Przy zwojnicy umieszczamy magnes, obserwujemy diody LED.
3. Szybkimi ruchami wsuwamy i wysuwamy magnes ze zwojnicy. Obserwujemy diody świecące.



Komentarz:

Obecność magnesu (nawet silnego) w pobliżu zwojnicy nie powoduje powstawania w niej prądu elektrycznego. Jeśli pole magnetyczne obejmujące zwojnicę zmienia się, to wtedy zachodzi zjawisko indukcji elektromagnetycznej: diody błyskają. Kierunek wyidukowanego prądu zależy od kierunku zmian pola magnetycznego – jedna dioda świecąca błyska przy wsuwaniu magnesu do zwojnicy, a druga przy wysuwaniu.

Literatura:

1. P. G. Hewitt, *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 436 i następane.
2. http://www.pl.euhou.net/docupload/files/Excercises/WorldAroundUs/Generator/prosty_model_pradnicy.pdf

Doświadczenie 12: Na przekór

Celem doświadczenia jest zademonstrowanie reguły Lenza.

Krótki opis doświadczenia:

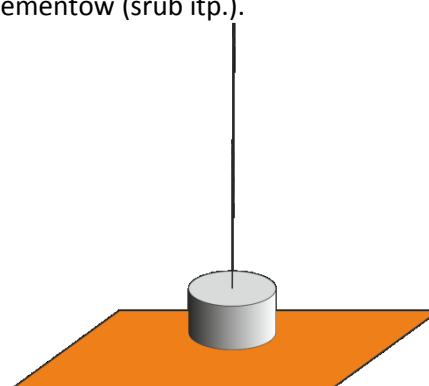
Obserwacja silnie tłumionych drgań wahadła z magnesem umieszczonego nad płytką przewodzącą.

Przyrządy i materiał

Silny magnes neodymowy, nitka długości ok. 50-60 cm, statyw, płytką aluminiową lub miedzianą o długości ok. 10 cm lub więcej, kawałek drutu miedzianego.

Eksperyment:

1. Sprawdzamy czy magnes przyciąga płytkę miedzianą.
2. Magnes zawieszamy na nitce (np. zawiązując lub za pomocą uszka wykonanego z drutu).
3. Statyw umieszczamy na stole daleko od metalowych elementów (śrub itp.).
4. Wahadło zawieszamy na statywie na takiej wysokości, aby magnes znajdował się blisko powierzchni stołu.
5. Wprawiamy wahadło w drgania. Obserwujemy jak zmienia się amplituda drgań.
6. Pod wahadłem umieszczamy płytkę.
7. Ponownie wprawiamy wahadło w drgania i obserwujemy zmiany amplitudy drgań.



Komentarz:

Magnes nie przyciąga płytki miedzianej ani aluminiowej. Amplituda drgań wahadła bez płytki miedzianej maleje bardzo powoli, tylko z powodu oporów powietrza. Gdy pod wahadłem znajdowała się płytką miedziana, amplituda drgań maleje gwałtownie. Dzieje się tak za sprawą indukowania się w płytce pod przelatującym magnesem prądów wirowych. Prądy te, zgodnie z regułą Lenza (zwaną czasami „regułą przekory”), mają taki zwrot, że wytworzone przez nie pole magnetyczne przeciwdziała zmianie zewnętrznego pola magnetycznego. Oznacza to, że „wyidukowane” pole magnetyczne odpycha zbliżający się magnes, a przyciąga oddalający się. Taka siła hamująca powoduje silne tłumienie drgań.

Siłę działającą na magnes powodujący powstawanie prądów indukcyjnych można poczuć nawet podczas przesuwania po płytce miedzianej lub aluminiowej magnesu trzymanego w dłoni. Można też zrobić wahadło z płytki miedzianej lub aluminiowej i obserwować jego drgania w pobliżu silnego magnesu.

Literatura:

1. J. Domański, *Doświadczenia z wykorzystaniem magnesów neodymowych*, Serwis dla nauczycieli fizyki, ZamKor.