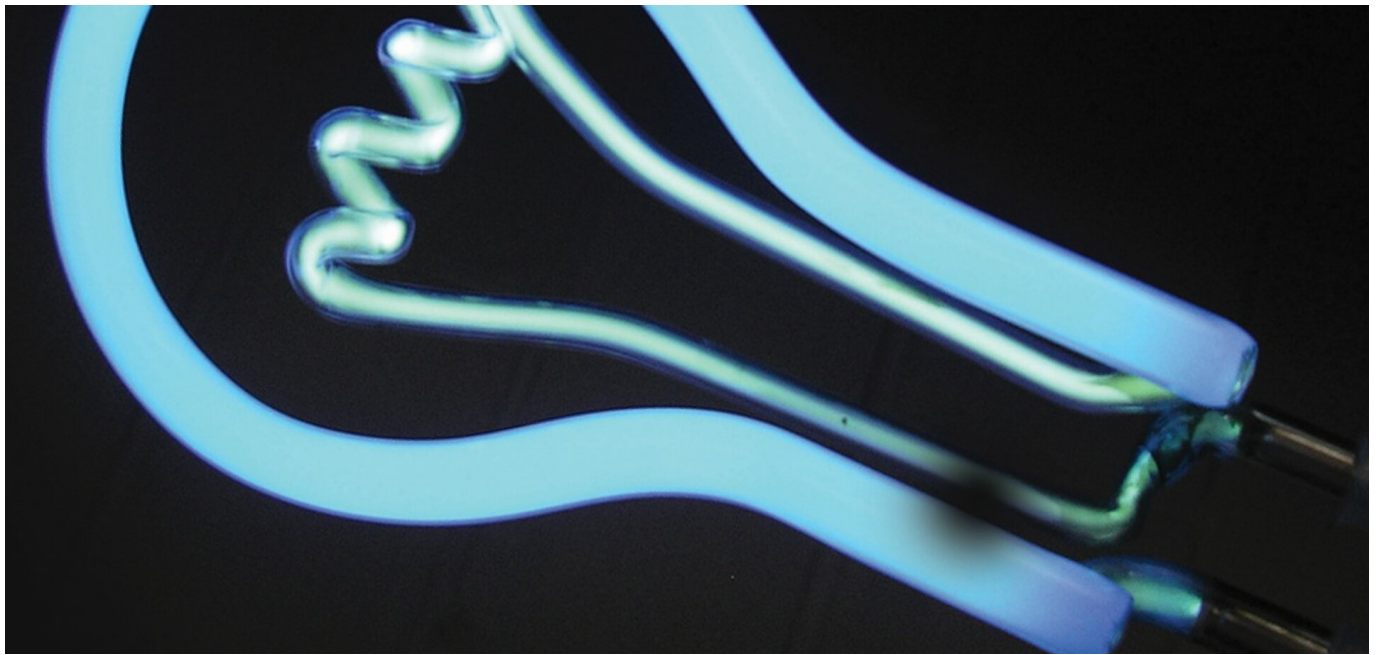




Świat pod lupą

Dlaczego dotyk jest elektryzujący? Czy przez plecy Ohma przebiegł prąd, czy jednak stawiał mu opór? Czy magnetyzm jest tylko w spojrzeniu? Sprawdź to w e-podręczniku.

- Elektrostatyka
 - Ładunki elektryczne i ich oddziaływanie. Ładunek elementarny
 - Elektryzowanie ciał przez tarcie, dotyk i indukcję
 - Przewodniki i izolatory prądu elektrycznego. Przepływ prądu w przewodnikach
 - Zasada zachowania ładunku elektrycznego
 - Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki
 - Sprawdzian wiadomości
- Elektryczność
 - Prąd elektryczny i jego natężenie
 - Napięcie elektryczne
 - Badanie zależności między natężeniem prądu a napięciem elektrycznym w obwodzie
 - Prawo Ohma i opór elektryczny
 - Połączenie szeregowe odbiorników
 - Połączenie równoległe odbiorników
 - Praca prądu elektrycznego
 - Moc prądu elektrycznego
 - Wyznaczanie oporu elektrycznego i mocy wydzielanej w oporniku zasilanym przez baterię. Niepewności pomiarów
 - Podsumowanie wiadomości o elektryczności
 - Sprawdzian wiadomości

- Magnetyzm i elektromagnetyzm
 - Oddziaływania magnetyczne
 - Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem. Elektromagnesy i ich zastosowanie
 - Działanie silnika prądu stałego
 - Wzbudzanie przepływu prądu elektrycznego
 - Podział fal elektromagnetycznych oraz ich zastosowanie
 - Podsumowanie wiadomości o magnetyzmie i elektromagnetyzmie
 - Sprawdzian wiadomości
- Materiały metodyczne dla nauczycieli

Ładunki elektryczne i ich oddziaływanie. Ładunek elementarny

Czy wiesz, dlaczego podczas ściągania swetra włosy się unoszą, a podaniu ręki często towarzyszy iskra? Dlaczego koty zazwyczaj nie lubią głaskania pod włos? Jeśli chcesz wiedzieć, dlaczego tak się dzieje, czytaj dalej.



Dla jednych zabawne, a dla innych nieprzyjemne uczucie towarzyszące elektryzowaniu się włosów i ubrania ma związek ze zdolnością niektórych materiałów do gromadzenia ładunków elektrycznych

Już potrafisz

- opisać oddziaływania bezpośrednie oraz na odległość: grawitacyjne, elektryczne, magnetyczne i jądrowe;
- pokazać, że oddziaływania są wzajemne;
- udowodnić, że każde działanie siły pociąga za sobą określone skutki, choć czasami skutki oddziaływań nie są jednakowo widoczne dla obu wzajemnie działających jedno na drugie ciał.

Nauczysz się

- wskazywać przykłady elektryzowania się ciał;
- podawać definicję elementarnego ładunku elektrycznego;
- opisywać jakościowo i ilościowo oddziaływania między ładunkami;
- omawiać budowę wybranego pierwiastka chemicznego lub jonu;
- opisywać i wyjaśniać wyniki doświadczeń dotyczących elektryzowania ciał.

1. Oddziaływanie ciał naelektryzowanych

Właściwości i zachowanie ciał obdarzonych określonym ładunkiem elektrycznym badano już w starożytności. Na przełomie VII i VI wieku p.n.e. grecki filozof i matematyk Tales z Miletu zaobserwował tzw. efekt bursztynu. Zauważył, że bursztyn (gr. *ēlektron*) potarty suknom przyciąga niektóre lekkie ciała, np. drewniane wiórki. Później okazało się, że podobnych zjawisk jest więcej. Obecnie wiadomo, że istnieje jeszcze wiele ciał wykazujących podobne właściwości elektrostatyczne. Często są to przedmioty użytku codziennego, np. koc, sweter, grzebień, balon itp.

Zanim zaczniesz wykonywać doświadczenie zapoznaj się z załączonym materiałem filmowym.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film ukazuje rozpostarty koc, następnie dzieci, które trzymają w rękach nadmuchane balony. Dzieci pocierają balony o koc, trzymając je za nitkę zbliżają je do siebie – widać odpychanie. Dzieci pocierają balony o koc intensywniej, trzymając je za nitkę zbliżają do siebie odpychanie silniejsze. Dzieci biorą nowe balony – pocierają je o koc. Jedno zbliża balon trzymany za nitkę do koca – obserwuje przyciąganie. Drugie powtarza eksperyment ze swoim balonikiem

Doświadczenie 1

Jakościowe określenie czynników wpływających na wielkość oddziaływań elektrostatycznych.

Co będzie potrzebne

- sweter (może być koc);
- dwa balony;
- nitka (2 kawałki po ok. 20–30 cm);
- nożyczki.

Instrukcja

1. Oddziaływanie balon – balon.

1. Nadmuchaj balony i zwiąż je nitką, tak aby nie uciekało z nich powietrze.
2. Potrzymaj pierwszym balonem o sweter (staraj się trzymać balon tylko za nitkę). To samo zrób z drugim balonem.
3. Spróbuj zbliżyć balony do siebie.
4. Zapisz swoje spostrzeżenia.

2. Oddziaływanie balon – sweter.

1. Potrzymaj jednym z balonów o sweter.
2. Odsuń balon od swetra (na odległość ok. 1 m).

3. Zbliż balon do swetra.

4. Zapisz swoje spostrzeżenia.

3. Powtórz punkty 1. i 2., ale tym razem potrzyj balony o sweter znacznie intensywniej niż poprzednio.

1. Zapisz swoje spostrzeżenia.

Podsumowanie

Dwa naelektryzowane balony wzajemnie się odpychają, natomiast balon i sweter się przyciągają. Wzajemne oddziaływanie między balonem a swetrem zależy zarówno od stopnia ich naelektryzowania, jak i odległości między nimi.

Zaobserwowane zjawiska nasuwają przypuszczenie, że przedmioty wykorzystane w doświadczeniu uzyskały jakąś nową właściwość, która jest odpowiedzialna za ich wzajemne oddziaływanie. Aby ją opisać, fizycy wprowadzili wielkość fizyczną nazywaną ładunkiem elektrycznym. Przyjęto, że występują dwa rodzaje ładunków – dodatnie (oznaczane znakiem $+$) i ujemne (oznaczane znakiem $-$). **Ładunki tego samego znaku (jednoimienne) się odpychają, a ładunki różnych znaków (różnoimienne) się przyciągają.** Za pomocą pojęcia ładunku elektrycznego można wytłumaczyć zaobserwowane zjawisko. Ładunki zgromadzone na balonie i swetrze są różnoimienne, więc oba przedmioty się przyciągają. Na powierzchni balonów gromadzą się ładunki jednoimienne, które powodują, że te ciała się odpychają.

Ładunek zgromadzony na powierzchni ciał decyduje o kierunku oddziaływania. Oczywiście, w życiu codziennym ładunków elektrycznych nie widać gołym okiem, za to można z łatwością zaobserwować skutki ich wzajemnych oddziaływań. Ilość i znak zgromadzonego ładunku elektrycznego pozwalają na dokładne określenie tych oddziaływań. Jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb, który oznaczamy symbolem „C”.

Jego nazwa pochodzi od nazwiska **Charles'a Augustina de Coulomba** – francuskiego uczonego, który jako pierwszy określił wielkość siły oddziaływania między ładunkami elektrycznymi. Kulomb jest dużą jednostką, dlatego w praktyce stosuje się jej podwielokrotności kulomba – milikulomb i mikrokulomb.

Zapamiętaj!

1 milikulomb = 1 mC = 0,001 C = 10^{-3} C

1 mikrokulomb = 1 μ C = 0,000001 C = 10^{-6} C

Zapamiętaj!

Im większy ładunek znajduje się na powierzchni ciał i im mniejsza jest odległość między nimi, tym większe staje się wzajemne oddziaływanie (odpychające lub przyciągające) jednego na drugie. Siłę działającą między ciałami naelektryzowanymi nazywamy siłą elektrostatyczną (elektryczną) lub siłą Coulomba.

Ćwiczenie 1

Przelicz jednostki ładunku elektrycznego.

5 mC = C

146 mC = C

853 μ C = C

29 μ C = C

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb (C). Ładunek o wartości 18 μ C jest

☐ równy 0,018 C.

☐ mniejszy od kulomba.

☐ równy 0,000018 C.

☐ większy od kulomba.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

W 1937 r. sterowiec LZ-129 Hindenburg spłonął podczas lądowania na lotnisku Lakehurst w stanie New Jersey. Podejrzewa się, że przyczyną katastrofy mógł być ładunek elektryczny, który zgromadził się na powłoce sterowca.

Zginęło wówczas 13 pasażerów i 22 członków załogi, a także główny członek załogi naziemnej – kapitan Ernst Lehmann.



HINDENBURG EXPLODES!

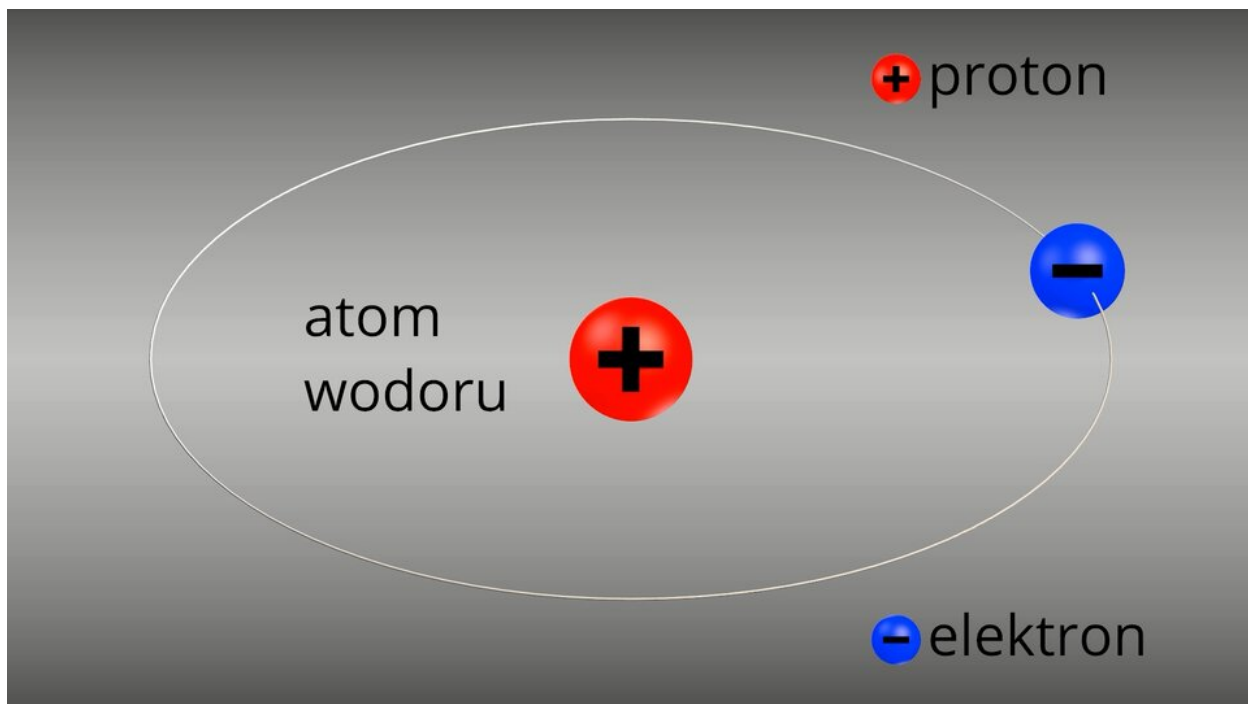
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Prelinger Archives (<http://archive.org>), licencja: CC0.

Katastrofa sterowca „Hindenburg”

2. Budowa atomu

Aby wyjaśnić oddziaływania elektryczne, trzeba poznać mikroświat, czyli świat atomów. Każdy **pierwiastek chemiczny** składa się z takich samych atomów. Każdy [atom](#) jest obojętny elektrycznie, tzn. ma jednakową liczbę ładunków dodatnich i ujemnych.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

Atom wodoru

Powyższa animacja przedstawia tzw. model planetarny atomu wodoru, stworzony na początku XX wieku. W centrum atomu znajduje się jądro atomowe, które jest zbudowane z **protonów** i **neutronów**. Wokół jądra krążą **elektrony**. Dzięki oddziaływaniu elektrycznemu atom się nie rozpada, a jądro przyciąga elektrony. Protony i elektrony są obdarzone ładunkami elektrycznymi o tej samej wartości, ale o przeciwnych znakach. Ładunek elektryczny protonów jest dodatni, a elektronów – ujemny. Neutrony są cząstkami obojętnymi elektrycznie.

Model planetarny atomu pozwalał wyjaśnić jedynie niektóre zjawiska mikroświata. Dalsze badania wymagały stworzenia bardziej skomplikowanych modeli. Dowiedziecie się o nich podczas dalszej nauki w szkole ponadgimnazjalnej i na studiach.

Z **układu okresowego pierwiastków** możemy odczytać informację o liczbie protonów, elektronów i neutronów każdego znanego nam pierwiastka chemicznego.

POKAŻ: ☒ Dane podstawowe ☐ Wartościowość typowa/rzadko spotykana ☐ Metale/Niemetale ☐ Stan skupienia ☐ Promień atomu ☐ Promień jonu ☐ Temp. wrzenia ☐ Temp. topnienia ☐ Data odkrycia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H wodor. 1.0																	2 He hel 4.0
3 Li lit 6.9	4 Be beryl 9.0											5 B bor 10.8	6 C węgiel 12.0	7 N azot 14.0	8 O tlen 16.0	9 F fluor 19.0	10 Ne neon 20.2
11 Na sód 23.0	12 Mg magnez 24.3											13 Al glin 27.0	14 Si krzem 28.1	15 P fosfor 31.0	16 S siarka 32.1	17 Cl chlor 35.5	18 Ar argon 39.9
19 K potas 39.1	20 Ca wapń 40.1	21 Sc skand. 45.0	22 Ti tytan 47.9	23 V wanad. 50.9	24 Cr chrom 52.0	25 Mn mangan 54.9	26 Fe żelazo 55.8	27 Co kobalt 58.9	28 Ni nikiel 58.7	29 Cu miedź 63.5	30 Zn cynk 65.4	31 Ga gal. 69.7	32 Ge german. 72.6	33 As arsen 74.9	34 Se selen 79.0	35 Br brom 79.9	36 Kr krypton 83.8
37 Rb rubid. 85.5	38 Sr stront. 87.6	39 Y itry 88.9	40 Zr cyrkon. 91.2	41 Nb niob. 92.9	42 Mo molibden. 95.9	43 Tc technet. 98.9	44 Ru ruten. 101.1	45 Rh rod. 102.9	46 Pd pallad. 106.4	47 Ag srebro 107.9	48 Cd kadm. 112.4	49 In ind. 114.8	50 Sn cyna 118.7	51 Sb antymon. 121.8	52 Te tellur. 127.6	53 I jod 126.9	54 Xe ksenon 131.3
55 Cs cez. 132.9	56 Ba bar. 137.3	57 La-Lu lantanowce 88.9	58 Hf hafn. 178.5	59 Ta tantal. 180.9	60 W wolfram. 183.9	61 Re ren. 186.2	62 Os osm. 190.2	63 Ir iryd. 192.2	64 Pt platyna 195.1	65 Au złoto 197.0	66 Hg rtęć 200.6	67 Tl tal. 204.4	68 Pb ołw. 207.2	69 Bi bismut 209.0	70 Po polon. 209.0	71 At astat 210.0	72 Rn radon 222.0
87 Fr franc. 223.0	88 Ra rad. 226.0	89 Ac-Lr aktynowce 227.0	90 Rf rutherford. (261)	91 Db dubn. (262)	92 Sg seaborg. (263)	93 Bh bohrr. (262)	94 Hs has. (265)	95 Mt meitner. (266)	96 Ds darmstadt. (271)	97 Rg roentgen. (272)	98 Cn kopernik. (285)	99 Uut ununium brak danych	100 Fl flerow. (289)	101 Uup ununpentium brak danych	102 Lv livermor. (293)	103 Uus ununseptium brak danych	104 Uuo ununoctium brak danych
57 La lantan 138.9	58 Ce cer. 140.1	59 Pr prazeodym 140.9	60 Nd neodym 144.2	61 Pm promet. 146.9	62 Sm samar. 150.4	63 Eu europ. 152.0	64 Gd gadolin. 157.3	65 Tb terb. 158.9	66 Dy dyzproz. 162.5	67 Ho holm. 164.9	68 Er erb. 167.3	69 Tm tul. 168.9	70 Yb iterb. 173.0	71 Lu lutet. 175.0			
89 Ac akty. 227.0	90 Th tor. 232.0	91 Pa protaktyn. 231.0	92 U uran. 238.0	93 Np neptun. 237.1	94 Pu pluton. (244)	95 Am ameryk. (243)	96 Cm kurb. (247)	97 Bk berkel. (247)	98 Cf kaliforn. (251)	99 Es einstein. (252)	100 Fm ferm. (257)	101 Md mendelew. (258)	102 No nobel. (259)	103 Lr lorens. (260)			

LEGENDA: * - brak danych w literaturze

Źródło: Michał Szymczak, licencja: CC BY 3.0.

Przykładowo: zapis



oznacza, że potas ma 19 protonów (jest to **liczba atomowa** lub **liczba porządkowa**).

Pierwiastek jest obojętny elektrycznie, dlatego liczba jego elektronów jest także równa 19.

Liczba 40 niesie informację o liczbie składników jądra (jest to tzw. **liczba masowa**). Aby ustalić liczbę neutronów, od liczby masowej (czyli łącznej liczby protonów i neutronów w jądrze) należy odjąć liczbę atomową: $40 - 19 = 21$.

Ćwiczenie 3

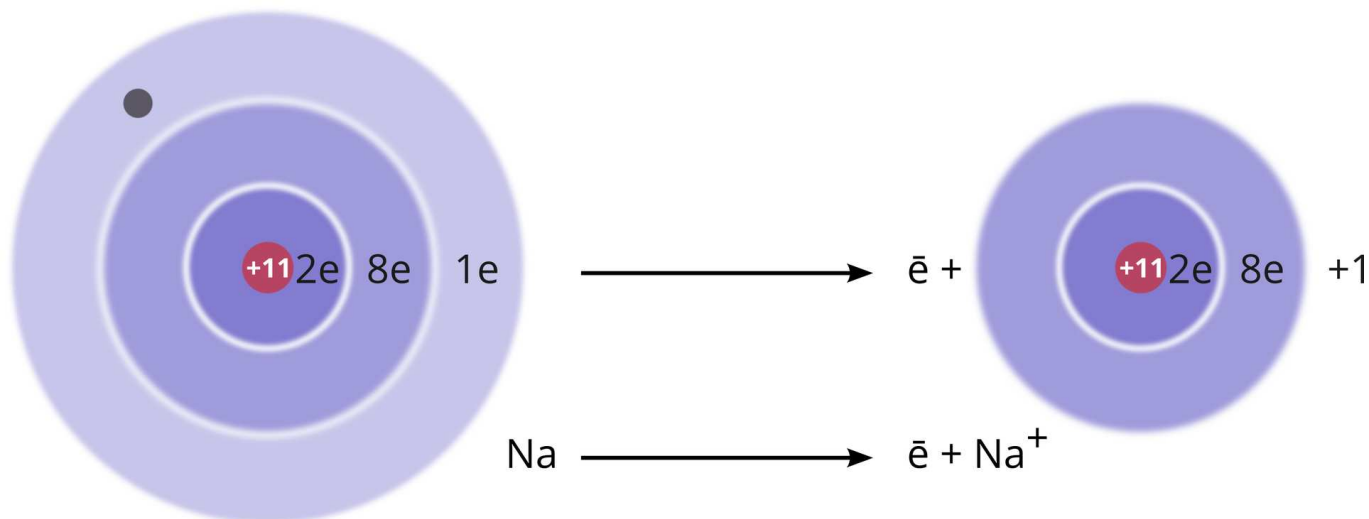
Uzupełnij puste miejsca.

${}_{17}^{35}\text{Cl}$ to atom chloru. W jego skład wchodzi: protonów, elektronów i neutronów.

${}_{26}^{56}\text{Fe}$ to atom żelaza. Atom ten zbudowany jest z: protonów, elektronów i neutronów.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

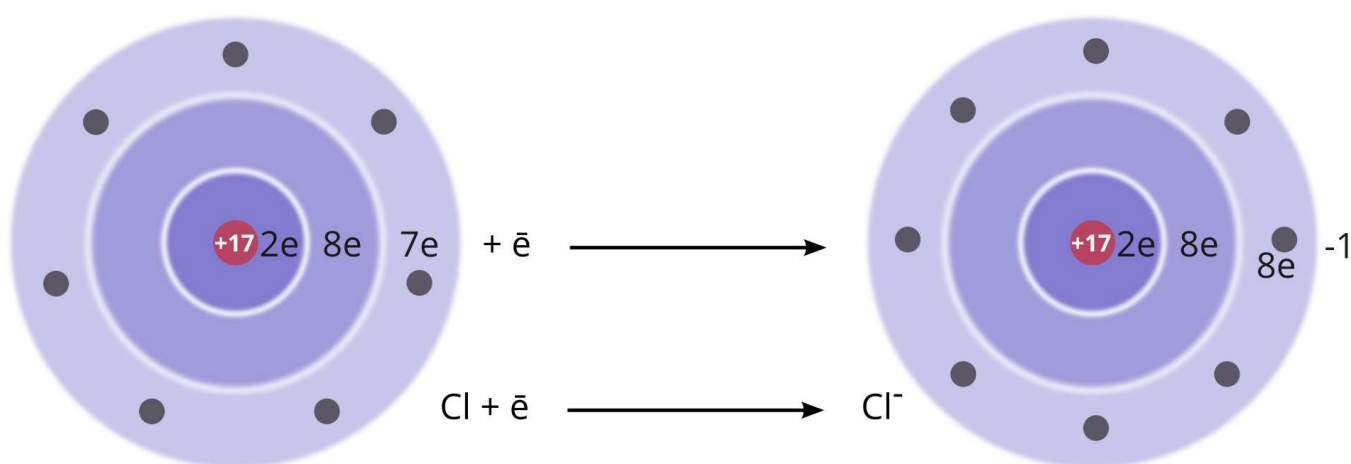
Jeśli do atomu zostanie dostarczony jeden lub kilka elektronów, to staje się on **jonem ujemnym**. Jon ujemny ma więcej elektronów niż protonów. Jeśli natomiast od atomu zostanie odłączony jeden bądź kilka elektronów, to staje się on **jonem dodatnim**. Jon dodatni ma więcej protonów niż elektronów.



atom sodu

jon sodu

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.



atom chloru

jon chloru

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Jony ujemne powstają, gdy do atomu zostaną dostarczone elektrony, a jony dodatnie – gdy elektrony zostaną odłączone. Najłatwiej zmienić liczbę elektronów w powłoce, która znajduje się najdalej od jądra. Dlatego też w przeprowadzonych dotąd doświadczeniach i symulacjach przemieszczały się tylko ładunki ujemne.

Zapamiętaj!

Ładunki elektryczne, które przemieszczają się pomiędzy ciałami stałymi, to elektrony.

Ćwiczenie 4

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Jądro atomowe skandu zbudowane jest z 45 protonów i neutronów, a wokół niego w chmurze elektronowej znajduje się 21 elektronów. Ile i jakie cząstki należy dostarczyć lub odebrać, aby skand stał się jonem ujemnym?

☐ Dostarczyć przynajmniej jeden elektron.

☐ Odłączyć przynajmniej jeden elektron.

☐ Dostarczyć przynajmniej jeden proton.

☐ Odłączyć przynajmniej jeden proton.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Połącz w pary tak, aby otrzymane zdania były prawdziwe.

Ładunki różnoimienne

odpychają się.

Ładunek elementarny

ma więcej protonów niż elektronów.

Ładunki jednoimienne

to najmniejsza niepodzielna porcja ładunku elektrycznego.

Jon ujemny

przyciągają się.

Jon dodatni

ma więcej elektronów niż protonów.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

3. Ładunek elementarny

Pod koniec XIX wieku elektron opisywano jako pewną cząstkę. Tak scharakteryzował ją H.A. Lorentz: „...zróbmy założenie, że w każdego rodzaju materii są obecne nadzwyczaj drobne cząsteczki, których jedna połowa posiada niezmiennie ładunki dodatnie, druga zaś tak

samo ładunki ujemne... Owe drobniutkie cząstki, o których mowa, mają być najmniejsze z tych, którymi zajmują się nauki przyrodnicze, mniejsze od cząsteczek (molekuł) i atomów samych. Nadajmy cząsteczkom tym, zarówno ujemnym jak i dodatnim, wspólne miano „elektronów”, odróżniając je przymiotnikami „ujemny” i „dodatni”. Przypuśćmy dalej, że te elektryczne cząsteczki – elektrony – rozpowszechnione są we wszystkich ciałach, że żadna, nawet najmniejsza cząsteczka materii nie jest od nich wolna, że ilość ich w każdym ciele jest prawie niezliczona i że wreszcie, skoro jakieś ciało nie wykazuje objawów elektrycznych, posiada oba rodzaje elektronów w tej samej ilości.” (cyt. za: A.K. Wróblewski *Historia fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, str. 379).

Z tej teorii można wyciągnąć wniosek, że ładunek elektryczny, jakim mogą być obdarzone różne ciała, ma naturę ziarnistą, jest bowiem wielokrotnością najmniejszego ładunku. Ładunek ten nazywany jest ładunkiem elementarnym. Kolejny wniosek jest następujący: ciała nienaelektryzowane mają po tyle samo ładunków dodatnich i ujemnych, a naładowane – więcej ładunków jednego znaku („+” lub „-”).

Składniki materii mające elementarne ładunki ujemne nazywamy obecnie elektronami. Wiemy również, że istnieją cząstki elementarne o ładunku dodatnim (ładunek ma taką samą wartość, jak ładunek elektronu, ale przeciwny znak). Są to protony – cząstki o znacznie większej masie znacznie większej, niż masa elektronu.

Oczywiście, ta hipoteza wymagała potwierdzenia doświadczalnego. Dokonał tego Robert Millikan. W latach 1909–1910 udowodnił, że ładunek elektryczny ma strukturę ziarnistą, i wyznaczył wartość ładunku elementarnego. Obecnie przyjmujemy, że $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Zapamiętaj!

Ładunek elektryczny to wielokrotność ładunku elementarnego:

$$q = n \cdot e; n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

gdzie: e – ładunek elementarny.

Składniki atomu i ich właściwości fizyczne

Cząstka	Ładunek	Masa
Elektron	$-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Proton	$+1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron	0 C	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Ćwiczenie 8

Uzupełnij puste miejsca.

Ładunki elektronu i protonu są co do wartości, a znaki ładunków są .
Z poznanych cząstek największą masę ma , a najmniejszą masę – . Można więc stwierdzić, że prawie cała masa atomu skupiona jest .

w elektronach

w jądrze

równe

neutron

elektron

przeciwne

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Nagroda Nobla za wyznaczenie ładunku elektronu.

R. Millikan nie tylko wyznaczył ładunek elektronu, lecz także wyjaśnił wspólnie z A. Einsteinem tzw. zewnętrzny efekt fotoelektryczny (będzie o tym mowa w szkole ponadgimnazjalnej). W 1923 r. za swoje osiągnięcia otrzymał Nagrodę Nobla.

W latach 30. XX wieku podczas badania promieniowania kosmicznego odkryto cząstki o masie równej masie elektronu, ale o ładunku dodatnim. Nazwano je pozytonami.

4. Siła Coulomba

Siła elektrostatyczna zależy od wielkości ładunków ciał, które na siebie oddziałują oraz od ich odległości. Im większe są ładunki, tym większa jest ta siła. Gdy zwiększamy odległość ładunki, siła elektrostatyczna maleje. Zależności te opisuje [prawo Coulomba](#).

Reguła: siła Coulomba

Siły wzajemnego oddziaływania dwóch ładunków punktowych Q_1 i Q_2 są wprost proporcjonalne do iloczynu tych ładunków, a odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości między nimi. Oznacza to, że gdy odległość jest stała, to siła wzajemnego oddziaływania rośnie tyle razy ile razy wzrośnie każdy ładunek – gdy każdy z nich wzrośnie dwa razy, to siła wzrośnie 4 razy. Gdy tylko jeden z nich wzrośnie np. tylko 3 razy to siła wzajemnego oddziaływania wzrośnie 3 razy. Przy stałej wartości ładunków siła maleje ze wzrostem odległości – np. dwukrotny wzrost odległości powoduje czterokrotne zmniejszenie wartości siły.

Tę zależność można zapisać jako:

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

gdzie:

F – siła;

k – stała elektrostatyczna; $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$;

Q_1, Q_2 – punktowe ładunki elektryczne;

r – odległość między punktowymi ładunkami elektrycznymi.

Za pomocą tego wzoru można obliczyć wielkość działającej siły elektrostatycznej.
ładunki punktowe

– naładowane ciała, które są małe w porównaniu z dzielącą je odległością.

Zapamiętaj!

Prawo Coulomba sprawdza się także w odniesieniu do ładunków umieszczonych na powierzchniach kulistych. Odległość mierzymy wówczas między środkami kul.

Ćwiczenie 9

Dokończ zdanie, wybierając właściwe odpowiedzi (więcej niż jedną). Siły elektrostatyczne z jakimi działają na siebie naelektryzowane ciała zależą od

☐ odległości między ciałami.

☐ rozmiarów ciał i ich masy.

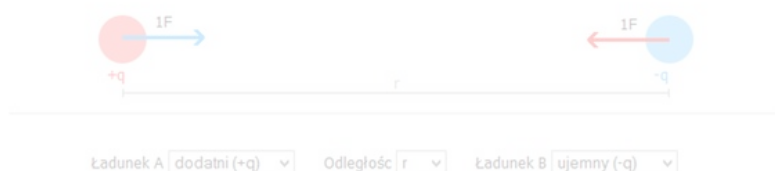
☐ wielkości ładunków zgromadzonych na ciałach.

☐ znaków ładunków zgromadzonych na ciałach.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Zastanów się, jak zmiany wartości poszczególnych wielkości fizycznych wpływają na zmianę wielkości siły oddziaływania. Skorzystaj z poniższej aplikacji.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DBx973brl>

Źródło: Michał Szymczak, licencja: CC BY 3.0.

Zapamiętaj!

Siła Coulomba zależy zarówno od odległości między ładunkami, jak i od ich wartości. Gdy odległość rośnie, to siła maleje, a gdy odległość maleje, siła rośnie. Wzrost lub spadek wielkości siły oddziaływania elektrostatycznego może również spowodować zmiana wartości ładunku elektrycznego zgromadzonego na ciałach. Im jest on większy, tym większa jest siła i odwrotnie: gdy ładunek elektryczny maleje, maleje również siła.

Polecenie 2

Uruchom ponownie symulację. Przyjrzyj się, w jaki sposób zmienia się wielkość zwana siłą Coulomba. Rozważania ułatwią ci poniższe zadania:

Zbadaj, jak zmieni się wartość siły Coulomba gdy nastąpi:

dwukrotne zwiększenie wartości jednego z ładunków bez zmiany odległości ciał,

dwukrotne zwiększenie wartości obu ładunków elektrycznych bez zmiany odległości ciał,

dwukrotne zwiększenie odległości między ciałami bez zmiany ich ładunków,

dwukrotne zmniejszenie odległości obu ciał bez zmiany ładunków,

dwukrotne zwiększenie odległości ciał z jednoczesnym dwukrotnym zwiększeniem wartości jednego z ładunków,

dwukrotne zwiększenie odległości ciał z jednoczesnym dwukrotnym zwiększeniem wartości obu ładunków.

Uwaga: warto najpierw, korzystając z prawa Coulomba, przewidzieć odpowiedź na powyższe pytania, a następnie sprawdzić, czy wyniki są takie same.

Podsumowanie

- Ładunki jednoimienne się odpychają, a różnoimienne – przyciągają.
- Wartość siły elektrycznej zależy zarówno od wartości ładunku zgromadzonego na ciałach, jak i od odległości między nimi.
- Wartość ładunku protonu odpowiada ładunkowi elementarnemu. Ładunek elektronu ma taką samą wartość jak ładunek protonu, ale przeciwny znak (ujemny).
- Wielkość ładunku elementarnego wynosi $1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$.
- Każdy atom jest obojętny elektrycznie. Jeśli do atomu zostaną dostarczone elektrony, to staje się on jonem ujemnym, a jeśli elektrony zostaną odłączone – jonem dodatnim.

Polecenie 3.1

Na podstawie dowolnego źródła, np. internetu, postaraj się odnaleźć informacje na temat zdarzeń, w których istotną rolę odegrał nagromadzony ładunek elektrostatyczny.

Słowniczek

atom

– najmniejsza cząstka pierwiastka. Każdy atom jest obojętny elektrycznie.



Źródło: ArtMechanic (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC0.

Charles Augustin de Coulomb

14.06.1736–23.08.1806

Kapitan armii francuskiej, przyrodnik i matematyk. Ukończył studia w Wojskowej Szkole Inżynierii (franc. *École du Génie*). W latach 1763–1772 kierował budową Fortu Bourbon na Martynice (Indie Zachodnie). Po powrocie do Francji poświęcił się pracy naukowej. W 1781 r. został uhonorowany tytułem członka Francuskiej Akademii Nauk. Był doskonałym eksperymentatorem. Do jego największych osiągnięć naukowych należą pomiar siły oddziaływań między ładunkami elektrycznymi (przeprowadzony przy użyciu tzw. wagi skręceń) oraz prace dotyczące sił tarcia i oporu w płynach.

jon

- atom, który ma nadmiar lub niedobór elektronów.

jon dodatni

- atom, w którym liczba protonów przewyższa liczbę elektronów.

jon ujemny

- atom, w którym liczba elektronów jest większa od liczby protonów.

ładunek elementarny

- stała fizyczna o wartości $1,602 \cdot 10^{-19}$ C, odpowiadająca ładunkowi elektrycznemu protonu.

kulomb (C)

- jednostka ładunku elektrycznego w układzie SI.

milikulomb (mC)

- podwielokrotność kulomba (C) równa 10^{-3} C.

mikroculomb (μ C)

- podwielokrotność kulomba (C) równa 10^{-6} C.

pierwiastek chemiczny

- substancja chemiczna składająca się z atomów, które mają taką samą liczbę atomową.

liczba atomowa (liczba porządkowa)

- liczba protonów w jądrze atomu; oznaczana literą „Z”.

liczba porządkowa

- patrz: liczba atomowa.

liczba masowa

- liczba protonów i neutronów (nukleonów) w jądrze atomowym; oznaczana literą „A”.

proton (p)

- składnik jądra atomowego; ładunek protonu odpowiada wielkości ładunku elementarnego. Proton to główny składnik promieniowania kosmicznego.

neutron (n)

- obojętny elektrycznie składnik jądra atomowego. Neutrony występujące samodzielnie są niestabilne i ulegają rozpadowi.

elektron (e)

- cząstka elementarna, której ładunek elektryczny odpowiada wielkości ładunku elementarnego o znaku ujemnym. Powłoki elektronowe w atomach są tworzone przez

elektrony. Ich ruch jest ściśle związany ze zjawiskiem przepływu prądu elektrycznego.
układ okresowy pierwiastków

– tabela zawierająca wszystkie znane dotąd pierwiastki chemiczne, uporządkowane według ich rosnącej liczby atomowej. Pierwotną formą układu okresowego była tzw. tablica Mendelejewa, której nazwa pochodzi od nazwiska wybitnego rosyjskiego chemika Dymitra Mendelejewa. Jej obecny wygląd zawdzięczamy Nielsowi Bohrowi – duńskiemu fizykowi, laureatowi Nagrody Nobla.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 10

Dwukrotne zwiększenie wartości jednego z ładunków powoduje, że wartość siły Coulomba

☐ zmaleje dwukrotnie.

☐ wzrośnie dwukrotnie.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 11

Dwukrotne zwiększenie wartości obu ładunków elektrycznych powoduje, że wartość siły Coulomba

☐ zmaleje czterokrotnie.

☐ wzrośnie czterokrotnie.

☐ wzrośnie dwukrotnie.

☐ zmaleje dwukrotnie.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 12

Opierając się na wynikach symulacji, można stwierdzić, że wartość sił wzajemnego oddziaływania

- ☐ zależy tylko od wielkości jednego z ładunków.
- ☐ jest wprost proporcjonalna do iloczynu wielkości ładunków.
- ☐ nie zależy od wielkości ładunków.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 13

Dwukrotne zwiększenie odległości między ciałami bez zmiany ładunków powoduje, że wartość siły

- ☐ wzrośnie czterokrotnie.
- ☐ zmaleje czterokrotnie.
- ☐ wzrośnie dwukrotnie.
- ☐ zmaleje dwukrotnie.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 14

Na podstawie symulacji i odpowiedzi na poprzednie pytanie, można stwierdzić, że wartość siły jest

- ☐ wprost proporcjonalna do odległości między naładowanymi ciałami.
- ☐ odwrotnie proporcjonalna do odległości między naładowanymi ciałami.
- ☐ wprost proporcjonalna do kwadratu odległości między naładowanymi ciałami.
- ☐ odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między naładowanymi ciałami.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 15

Wybierz prawidłowe stwierdzenia dotyczące oddziaływań między kulkami. Dwie kulki (o rozmiarach zbliżonych do piłki ping-pongowej) naelektryzowano tak, że na pierwszej zebrał się ładunek równy $+3\text{ }\mu\text{C}$, a na drugiej $-5\text{ }\mu\text{C}$. Następnie umieszczono je w odległości 5 cm.

☐

Zwiększenie odległości do 10 cm spowoduje, że siła przyciągania będzie większa dwukrotnie.

☐

Pierwsza kulka mocniej przyciąga drugą, ponieważ jej ładunek jest dodatni.

☐

Dowolne zmniejszenie odległości spowoduje, że siła przyciągania wzrośnie.

☐

Kulki przyciągają się siłami o tej samej wartości.

☐

Zwiększenie odległości do 10 cm spowoduje, że siła przyciągania będzie mniejsza czterokrotnie.

☐

Druga kulka mocniej przyciąga pierwszą, ponieważ jej ładunek jest większy.

☐

Kulki przyciągają się siłami o tej samej wartości, ponieważ mają zbliżone rozmiary i kształt.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 16

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 17

Uzupełnij puste miejsca.

Dwie naelektryzowane kulki przyciągają się wzajemnie siłami 36 mN. Jeśli odległość między nimi zwiększymy dwukrotnie, to wartość każdej siły i będzie równa

mN.

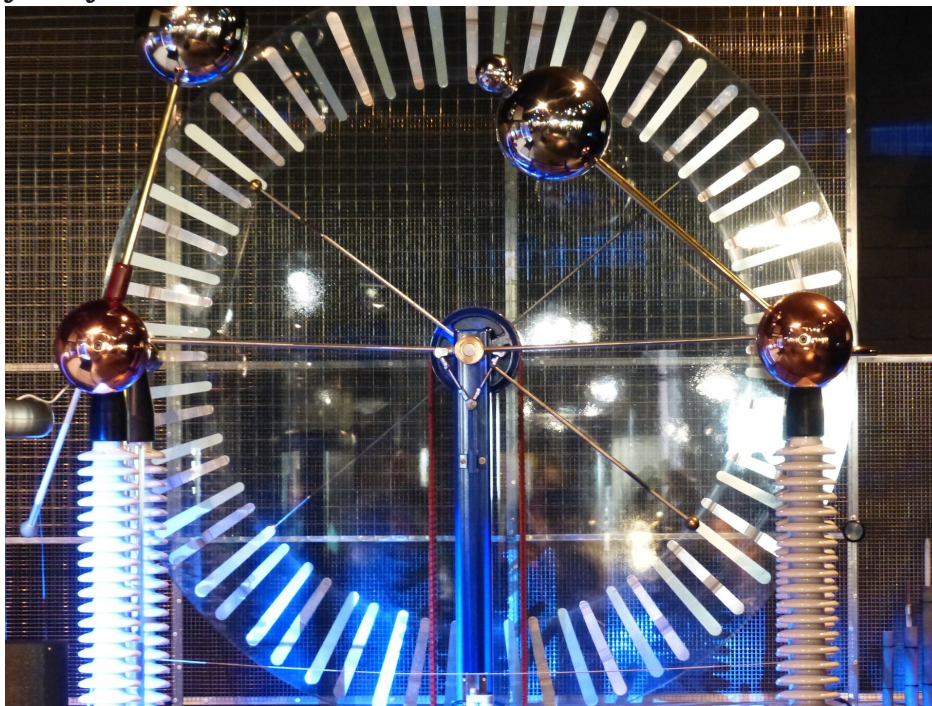
Jeśli do jednej kulki dostarczymy ładunek, podwajając go, to wartość każdej z sił

i będzie równa mN.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Elektryzowanie ciał przez tarcie, dotyk i indukcję

Jeśli chcesz poznać mechanizm elektryzowania ciał, wiedzieć, jak przebiega proces tworzenia się chmur burzowych, a dzięki wiedzy o elektryczności sterować ruchem puszki – czytaj dalej.



Ręczna maszyna elektrostatyczna opracowana w drugiej połowie XIX wieku przez Jamesa Wimshurst umożliwia wytwarzanie napięcia rzędu dziesiątków tysięcy woltów generujących efektowne wyładowania

Już potrafisz

- opisać gromadzenie się ładunków elektrycznych w ciałach;
- wskazać, że ładunki jednoimienne się odpychają, a różnoimienne – przyciągają;
- opisać zjawisko przemieszczania się elektronów między ciałami stałymi;
- opisać oddziaływanie nieruchomych ładunków elektrycznych i zależność siły oddziaływania od wielkości ładunków i ich odległości.

Nauczysz się

- elektryzować ciała przez tarcie, dotyk i indukcję (zwaną też influencją lub wpływem);
- opisywać działanie elektroskopu;
- opisywać proces powstawania pioruna;
- opisywać działanie instalacji odgromowej;
- analizować i omawiać wyniki doświadczeń dotyczących elektryzowania ciał.

1. Elektryzowanie ciał przez tarcie

Ze zjawiskiem elektryzowania ciał przez tarcie spotykasz się w życiu codziennym, np. podczas rozczesywania suchych włosów po kąpieli. Możesz wówczas zaobserwować, że ich końce unoszą się w stronę grzebienia, a poszczególne włosy się odpychają. Podobny efekt możesz uzyskać, gdy będziesz pocierać nadmuchanym balonem o wełniany sweter.

Zjawisko to daje się wytłumaczyć jedynie na poziomie mikroświata.

Polecenie 1

A teraz obejrzyj film o elektryzowaniu się włosów.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DWUS0j8Bg>

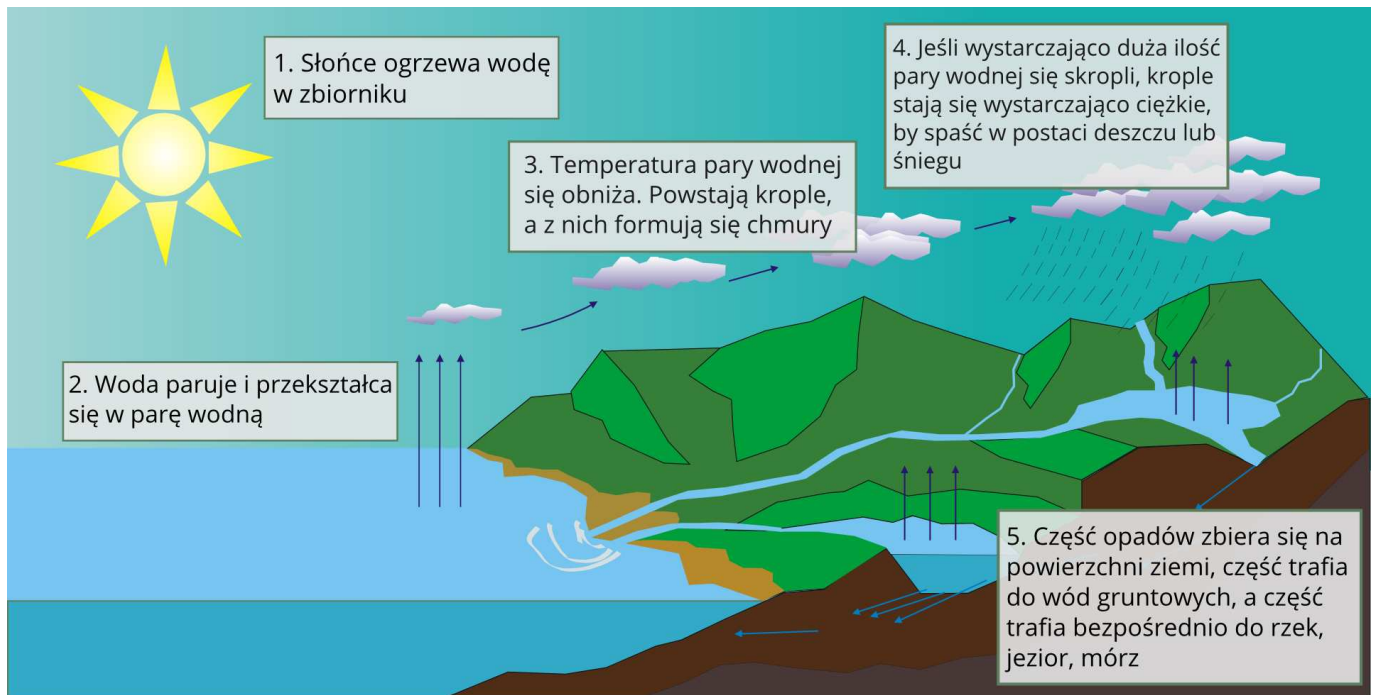
Elektryzowanie włosów przez tarcie

Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Obserwujemy proces mycia głowy. Obserwujemy suszenie głowy za pomocą suszarki. Obserwujemy rozczesywanie włosów. Najazd kamery na włosy. Widać jak końcówki włosów są przyciągane przez grzebień. Odjazd kamery: widać jak włosy wzajemnie się odpychają („sterczą na boki” i są najeżone)

Film ilustruje efekt elektryzowania się włosów przez tarcie. Polega ono na przemieszczaniu się elektronów z jednego ciała na drugie, które elektryzują się ładunkami o przeciwnych znakach. Włosy mają nadmiar jednego rodzaju ładunków i się wzajemnie odpychają ale przyciągane są przez grzebień, który naelektryzował się ładunkiem przeciwnego znaku niż włosy.

Częstym zjawiskiem są wyładowania elektryczne podczas burzy. Jak powstaje takie zjawisko? Na rysunku poniżej możecie prześledzić obieg wody w przyrodzie:



Źródło: Krzysztof Jaworski, Ingwik (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

W chmurach występują ruchy pionowe kropelek wody lub kryształków lodu. Występujące wtedy tarcie powoduje naelektryzowanie różnych części chmury. W poszczególnych fragmentach chmury mamy albo nadmiar ładunków dodatnich albo ujemnych. To różne naelektryzowanie jest przyczyną tego, że w pewnej chwili możliwy jest przepływ ładunku pomiędzy dwiema chmurami, pomiędzy dwiema częściami chmury lub pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi. Obserwujemy wówczas wyładowania elektryczne.



Źródło: Jp Marquis (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Takie wyładowania są niezwykle efektowne, a napięcie elektryczne tuż przed wyładowaniem sięga kilkudziesięciu milionów woltów. Piorun, czyli gwałtownie wyzwolona energia, niesie za sobą duże zagrożenie dla ludzi, budynków, drzew itd. Ochronę przed

tego typu niebezpieczeństwem gwarantuje zamontowanie piorunochronu. O jego działaniu dowiesz się więcej w dalszej części podręcznika.

elektryzowanie ciał przez tarcie

– zjawisko zachodzące podczas pocierania (oddziaływania mechanicznego) o siebie dwóch ciał obojętnych elektrycznie. W wyniku tarcia ciał niewielka ilość ładunku ujemnego (elektronów) przechodzi z jednego ciała na drugie; na jednym ciele powstaje nadmiar, na drugim niedobór elektronów (ciała elektryzują się więc odpowiednio ujemnie i dodatnio – oba ładunki mają przy tym taką samą wartość).

Ćwiczenie 1

W wyniku pocierania rurki z PCV o tkaninę, rurka naelektryzowała się ładunkiem ujemnym. Oznacza to, że

- ☐ tkanina pozostała obojętna elektrycznie.
- ☐ tkanina naelektryzowała się ładunkiem ujemnym o mniejszej wartości.
- ☐ tkanina naelektryzowała się ładunkiem dodatnim o takiej samej wartości.
- ☐ tkanina naelektryzowała się ładunkiem ujemnym o takiej samej wartości.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Dwa ciała naelektryzowano przez wzajemne pocieranie. Na powierzchni jednego z nich zgromadził się ładunek dodatni $+10 \mu\text{C}$. Wybierz prawidłowe dokończenie stwierdzenia. Na powierzchni drugiego ciała zgromadził się ładunek

- ☐ równy $10 \mu\text{C}$.
- ☐ równy $-10 \mu\text{C}$.
- ☐ dodatni.
- ☐ ujemny.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

W wyniku pocierania balonu o koc, balon i koc elektryzują się różnoimiennie. Wybierz prawdziwe dokończenie zdania. Zjawisko to można wyjaśnić

- ☐ przemieszczaniem się elektronów między ciałami.
- ☐ wytwarzaniem elektronów.
- ☐ wytwarzaniem jonów dodatnich.
- ☐ przemieszczaniem się jonów dodatnich między ciałami.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

2. Elektryzowanie ciał przez dotyk

Jednym ze sposobów elektryzowania ciał jest **elektryzowanie przez dotyk**. Zjawisko to zachodzi podczas zetknięcia ciała naładowanego elektrycznie z ciałem nienaelektryzowanym. W trakcie zbliżania do siebie obu ciał ładunki elektryczne rozdzielają się na ciele nienaelektryzowanym i grupują w różnych obszarach tego ciała. To zaś może prowadzić do przenoszenia części tak zgrupowanych ładunków na inne ciała i powstawania nadmiaru ładunków elektrycznych o jednym znaku – czyli naelektryzowania ciała.

Przykładowo: jeżeli szklaną pałeczkę naładowaną dodatnio zbliżymy do metalowego ciała (w metalu ładunki elektryczne mogą się swobodnie przemieszczać), to ładunki ujemne znajdujące się w tym ciele zgromadzą się w obszarze znajdującym się możliwie jak najbliżej pałeczki. Po zetknięciu ze sobą obu ciał pewna ilość ładunków ujemnych przechodzi z metalowego ciała na pałeczkę, na metalu powstaje więc nadmiar ładunków dodatnich. Rezultatem jest naelektryzowanie metalowego obiektu ładunkiem dodatnim. Jeżeli natomiast **zbliżymy** do pałeczki naładowaną ujemnie (może być to rurka ebonitowa lub innego tworzywa), to na metalowym ciele ładunki ujemne, odepchnięte przez ładunki ujemne na pałeczce, przemieszczają się na przeciwną stronę tego ciała. W tym momencie po stronie metalowego obiektu znajdującej się w pobliżu pałeczki (lub rurki) powstaje nadmiar ładunku dodatniego i po zetknięciu pałeczki z metalem ładunki ujemne z pałeczki przechodzą na metalowe ciało. Ostatecznie oba ciała elektryzują się ładunkiem takiego samego znaku.

Gdy ciałem obojętnym elektrycznie jest izolator, to ładunek elektryczny, który przepłynie na to ciało, będzie niewielki i zlokalizowany (umieszczony w miejscu zetknięcia obu ciał). Zespół zjawisk powodujących zarówno rozdzielenie ładunków w izolatorach, jak i przepływ ładunku jest bardziej złożony.

Elektryzowanie przez dotyk znalazło zastosowanie w przyrządzie laboratoryjnym nazywanym **elektroskopem**. Zapoznaj się z filmem i rozwiąż poniższe zadania.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DWUS0j8Bg>

Elektryzowanie ciał przez dotyk

Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Najazd kamery na elektroskopy stojące na stole. Demonstrator przechyla elektroskop pokazując, że listki mogą się odchylać. Przejdźcie ekranu do animacji z rysunkami przedstawiającymi dwa rodzaje elektroskopów. Na listkach i pręcie pojawia się ładunek ujemny. Obok to samo tylko teraz ładunek dodatni. Przejdźcie do ekranu rzeczywistego przedstawiającego elektroskop stojący na blacie. Najazd kamery na rękę demonstratora pocierającego pręt winidurowy o sukno. Demonstrator przestaje pocierać i prezentuje naelektryzowaną laskę. Demonstrator szybko zbliża i naelektryzowaną rurkę do końcówki pręta elektroskopu, dotyka końca pręta elektroskopu i nie odrywając przesuwając powierzchnią rurki po pręcie. Widać rozchylające się listki. Kamera pokazuje, że po odsunięciu laski od elektroskopu listki pozostają rozchylone. Kamera pokazuje kabelek podłączony do kaloryfera. Demonstrator dotyka pręta elektroskopu drugim końcem kabelka. Listki opadają. Najazd kamery na naładowany elektroskop. Demonstrator dotyka ręką pręt elektroskopu. Listki opadają. Najazd kamery na metalową kulę stojącą na izolowanej podstawce. Demonstrator elektryzuje laskę przez tarcie a następnie elektryzuje kulę przeciągając powierzchnią laski po powierzchni kuli. Najazd kamery na naelektryzowaną kulę. Demonstrator podnosi kulę za izolującą podstawkę i dotyka kulą pręta elektroskopu. Listki rozchylają się.

Ćwiczenie 4

Wskazówka elektroskopu wychyla się, gdy do metalowego pręta dotknie

- ☐ rurka naelektryzowana.
- ☐ obojętna elektrycznie rurka szklana.
- ☐ rurka wykonana z materiału przewodzącego.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Wybierz prawdziwe dokończenie zdania. Wskazówka elektroskopy wychyla się po dotknięciu naelektryzowaną rurką, ponieważ

☐ na wskazówce i na słupku elektroskopy gromadzą się ładunki jednoimienne.

☐ pręt i wskazówka odpychają się.

☐ na wskazówce i na słupku elektroskopy gromadzą się ładunki różnoimienne.

☐ pręt i wskazówka przyciągają się.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Skutkiem dotknięcia ręką naelektryzowanego elektroskopy może być

☐ powrócenie wskazówki do położenia początkowego (zera).

☐ jego zubożenie.

☐ większe wychylenie wskazówki.

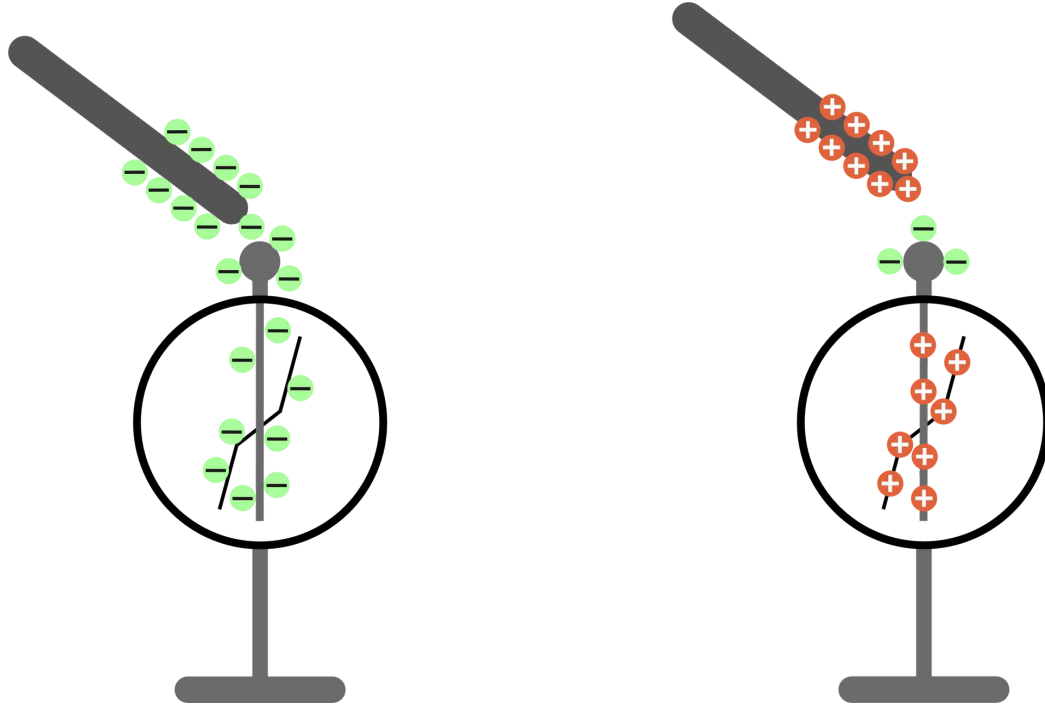
☐ odprowadzenie nadmiaru ładunków do ziemi.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Dotknięcie elektroskopy ręką (gdy nie jesteśmy w żaden sposób naelektryzowani) lub nienaelektryzowaną rurką nie powoduje żadnych zmian położenia jego wskazówki. Jeśli jednak najpierw rurka zostanie naelektryzowana (np. przez tarcie laską ebonitową), a potem przyłożymy ją do elektroskopy, to jego wskazówka się wychyli. Im większy ładunek zostanie zgromadzony na rurce, tym większe będzie wychylenie wskazówki. Aby elektroskop znów stał się obojętny elektrycznie, wystarczy dotknąć go dłonią – wtedy ładunki elektryczne spłyną do ziemi.

Dotknięcie naelektryzowanego metalowego pręta elektroskopy sprawia, że elektrony się przemieszczają. Kierunek ich ruchu zależy od znaku ładunku naelektryzowanej rurki. Jeśli jest ona naelektryzowana ujemnie, to elektrony swobodne przepływają na metalowy pręt i wskazówkę, a gdy rurka jest naelektryzowana dodatnio, to elektrony przemieszczają się w odwrotnym kierunku, czyli na rurkę. Za każdym razem dochodzi do wychylenia

wskazówki elektroskopu. Pełne wyjaśnienie tego zjawiska znajduje się w części rozszerzonej, opisującej **elektryzowanie ciał przez indukcję**.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

elektryzowanie przez dotyk

– elektryzowanie polegające na dotknięciu ciałem naelektryzowanym ciała nienaelektryzowanego. W efekcie czego ładunki ujemne przemieszczają z jednego ciała do drugiego i oba ciała są naładowane ładunkiem tego samego znaku.

Ciekawostka

[Benjamin Franklin](#), amerykański polityk i uczony poświęcał zagadnieniom sił elektrycznych znaczną część swojej pracy naukowej. Przeprowadził eksperyment, którym udało mu się udowodnić, że błyskawica to bardzo silne wyładowanie elektryczne. Eksperyment ten polegał na wypuszczeniu w trakcie burzy jedwabnego latawca z metalowym elementem, który został połączony z ziemią konopnym sznurkiem obciążonym przy ziemi metalowym kluczem. Układ składający się z dwóch metalowych elementów i sznura były w tym przypadku przewodnikami prądu. Sam Franklin operował latawcem za pomocą jedwabnej taśmy, o której uczony wiedział, że nawet kiedy zmoknie, będzie mogła pełnić rolę izolatora. W trakcie wykonywania eksperymentu uczony zaobserwował silne elektryzowanie się sznura oraz przeskakiwanie pomiędzy kluczem i ziemią iskier elektrycznych. Na podstawie tych obserwacji Benjamin Franklin uzyskał potwierdzenie swojej hipotezy: błyskawica to silne wyładowanie elektryczne. Dzięki tej wiedzy skonstruował pierwszy **piorunochron** – był to miedziany pręt umieszczony na dachu.



Źródło: AhNinniah (<http://openclipart.org>), Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Średnica pręta, z którego jest skonstruowany piorunochron, ma ok. 2 cm. Pręt połączony jest z długim miedzianym lub aluminiowym przewodem stykającym się z siatką przewodzącą umieszczoną pod warstwą ziemi. Piorunochrony zapewniają właściwe odprowadzenie ładunków elektrycznych do ziemi. Jeśli przewody nie będą wykonane z materiałów będących dobrymi przewodnikami ciepła i elektryczności i nie będą miały wystarczająco dużego przekroju powierzchni poprzecznej, to po uderzeniu pioruna może dojść do stopienia tych przewodów. Dom przestanie być wówczas chroniony i kolejne wyładowanie może być groźne dla ludzi przebywających w budynku i spowodować straty materialne.

Ciekawostka

Elektroskop został wykorzystany do pomiaru **promieniowania kosmicznego**.

3. Elektryzowanie przez indukcję (zwaną też influencją lub wpływem)

Trzecim sposobem elektryzowania jest indukcja. Jest to metoda, która nie wymaga bezpośredniego kontaktu między ciałami. Pozostają one w niewielkiej odległości od siebie, ale się nie stykają.

Zjawisko elektryzowania przez indukcję polega na zbliżeniu ciała naładowanego do ciała obojętnego elektrycznie. Efektem jest przesunięcie elektronów w przewodniku bądź

polaryzacja atomów (cząsteczek) w izolatorze. By lepiej zrozumieć ten proces, wykonaj poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy można naelektryzować przewodnik przez indukcję?

Hipoteza

Elektryzowanie przez indukcję jest możliwe.

Co będzie potrzebne

- rurka z tworzywa sztucznego (np. rura od odkurzacza);
- wełniany koc lub sweter;
- pusta aluminiowa puszka po napoju;
- podłoże z izolatora (drewniany stół, podłoga itp.).

Instrukcja

1. Znajdź takie podłoże, które jest wypoziomowane (puszka nie może się stoczyć).
2. Naelektryzuj rurkę przez tarcie.
3. Zbliź rurkę do puszki.
4. Jeśli puszka nie zmienia swojej pozycji, spróbuj naelektryzować ją ponownie lub zmniejsz odległość między ciałami.

5. Obserwuj, jak zachowuje się puszka.
6. Przełóż rurkę z drugiej strony puszki.
7. Zastanów się, co może być przyczyną ruchu puszki.

Podsumowanie

Jeśli puszka się toczyła, to udało ci się ją naelektryzować przez indukcję.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ruch puszki wywołany zbliżeniem naelektryzowanej rurki z tworzywa sztucznego jest efektem procesów zachodzących w mikroświecie. Przyjrzyj się animacji.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DWUS0j8Bg>

Elektryzowanie przez indukcję

Źródło: Marcin Sadowski, Magdalena Grygiel, licencja: CC BY 3.0.

Elektryzowanie przez indukcję

Puszka się nie porusza, gdy zbliżamy do niej rurkę obojętną elektrycznie. Zakładamy, że w wyniku tarcia rurka elektryzuje się ujemnie. Zbliżenie jej do metalowej puszki wykonanej z materiału będącego dobrym przewodnikiem wywołuje przemieszczenie się elektronów swobodnych – przeważającym ładunkiem (od strony rurki) staje się ładunek dodatni. Działają wówczas dwie siły, tj. przyciągania i odpychania elektrostatycznego. Siła przyciągania występuje między ładunkami dodatnimi (gromadzącymi się powierzchni puszki od tej strony, z której do puszki zbliżona została ujemnie naładowana rurka) a ładunkiem naelektryzowanej rurki. Siła odpychania działa między elektronami swobodnymi zgromadzonymi z przeciwnej strony puszki a ujemnym ładunkiem rurki. Pamiętajmy, że siły oddziaływania elektrostatycznego są zależne od odległości między ciałami – im bliżej siebie znajdują się wzajemnie oddziałujące ciała, tym siła tych oddziaływań jest większa. W tym przypadku siła przyciągania, która jest efektem oddziaływania rurki z bliższą stroną puszki (tą, na której zebrały się ładunki dodatnie) ma więc większą wartość, niż siła odpychania, która jest efektem oddziaływania rurki z dalszą stroną puszki (tą, na której zebrały się ładunki ujemne). Ruchowi rurki towarzyszy ruch podążającej za nią puszki. Gdy oddalimy naelektryzowaną rurkę na odpowiednią odległość, elektrony swobodne na puszcze wrócą na swoje właściwe miejsce (tj. do położenia początkowego) i ruch puszki ustanie.

Postawmy pytanie: Czy przez indukcję można naelektryzować np. papier?
Aby poznać odpowiedź, wykonaj poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 2

Problem badawczy

Czy przez indukcję można naelektryzować izolator?

Hipoteza

Izolator można naelektryzować przez indukcję.

Co będzie potrzebne

- plastikowa linijka lub rurka;
- wełniany koc lub sweter;
- skrawki papieru.

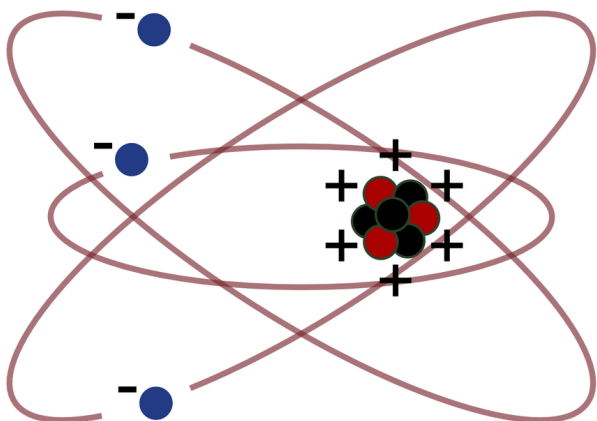
Instrukcja

1. Potrzymaj linijkę (rurkę) o koc (sweter) i zbliż ją do skrawków papieru.
2. Obserwuj ich zachowanie.

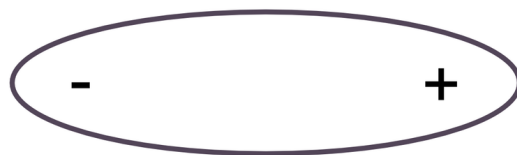
Podsumowanie

Jeśli skrawki papieru zaczęły zbliżać się do rurki, to udało ci się naelektryzować przez indukcję.

Przykładowy atom jako dipol



Schemat dipola elektrycznego



Źródło: Krzysztof Jaworski, Halfdan (<http://commons.wikimedia.org>), Indolences, Rainer Klute (<http://commons.wikimedia.org>), (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Elektryzowanie przez indukcję polega na zbliżeniu ciała naelektryzowanego do ciała obojętnego elektrycznie. Wtedy wewnątrz niego przemieszczają się elektrony swobodne (metalowa puszka) lub powstają **dipole elektryczne** (papier). Siła odpychania między ciałami jest mniejsza niż siła przyciągania. Odsunięcie ciała naelektryzowanego od ciała początkowo obojętnego elektrycznie sprawia, że elektrony wracają na swoje miejsce.

indukcja elektrostatyczna

– przemieszczanie się elektronów swobodnych wewnątrz przewodnika lub powstawanie dipola elektrycznego (polaryzacja elektryczna cząsteczki albo atomu) w izolatorze. Zjawisko to zachodzi, gdy ciało naładowane elektrycznie znajduje się blisko ciała, które nie jest naelektryzowane.

Zapamiętaj!

Jeżeli zbliżymy ciało naelektryzowane do nienaelektryzowanego (ale go nie dotkniemy), natychmiast pojawi się efekt indukcji. Na części nienaelektryzowanego ciała położonej najbliżej ciała naładowanego wyindukowany zostanie ładunek przeciwnego znaku. Gdy następnie zetkniemy oba ciała ze sobą, ładunek ujemny przejdzie z ciała nienaelektryzowanego na naelektryzowane (albo odwrotnie: z ciała naelektryzowanego na nienaelektryzowane).

Zanim jakiegokolwiek ciało zostanie dotknięte innym ciałem, oba te ciała należy do siebie zbliżyć. Z tego też powodu wystąpienie zjawiska przechodzenia ładunków po zetknięciu ze sobą dwóch ciał (elektryzowanie przez dotyk) zawsze jest poprzedzane wystąpieniem zjawiska indukcji.

Ćwiczenie 7

Elektryzowanie przez indukcję

- ☐ nie wymaga bezpośredniego kontaktu ciał.
- ☐ dotyczy ciał pozostających w pewnej odległości od siebie, z których przynajmniej jedno jest naelektryzowane.
- ☐ wymaga bezpośredniego kontaktu ciał.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Przyczyną ruchu puszki w stronę naelektryzowanej rurki jest to, że

- ☐ siły odpychania elektrostatycznego mają mniejszą wartość niż siły przyciągania elektrostatycznego ponieważ odpychające się ładunki znajdują się bliżej od siebie niż ładunki przyciągające się.
- ☐ siły odpychania elektrostatycznego mają mniejszą wartość niż siły przyciągania elektrostatycznego ponieważ odpychające się ładunki znajdują się dalej od siebie niż ładunki przyciągające się.
- ☐ siły odpychania elektrostatycznego mają większą wartość niż siły przyciągania elektrostatycznego, gdyż odpychające się ładunki znajdują się dalej od siebie niż ładunki przyciągające się.

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Ciała można elektryzować na trzy sposoby: przez tarcie, dotyk i indukcję.
- Podczas pocierania (oddziaływania mechanicznego) o siebie dwóch ciał obojętnych elektrycznie niewielka ilość ładunku ujemnego przechodzi z jednego ciała na drugie. W efekcie na jednym ciele powstaje nadmiar ładunku dodatniego, a na drugim – ładunku ujemnego. Zjawisko to nazywamy elektryzowaniem ciał przez tarcie.
- Elektryzowanie przez dotyk polega na dotknięciu ciałem naelektryzowanym ciała nienaelektryzowanego. Jeżeli naelektryzowane ciało jest naładowane dodatnio, to przechodzi na nie ładunek ujemny z ciała obojętnego elektrycznie. Jeżeli

naelektryzowane ciało jest naładowane ujemnie, to ładunek ujemny przechodzi z tego ciała na ciało obojętne elektrycznie. W efekcie na obu ciałach gromadzi się jednoimienny ładunek elektryczny.

- Gdy ciało elektryzowane jest przez indukcję, to w wyniku zbliżenia ciała naładowanego do ciała obojętnego elektrycznie obojętnego, na tym drugim pojawiają się dwie grupy ładunków o przeciwnych znakach.
- Indukcja elektrostatyczna polega na przemieszczaniu się elektronów swobodnych wewnątrz przewodnika lub na powstawaniu dipola elektrycznego (polaryzacja elektryczna cząsteczki albo atomu) w izolatorze. Proces ten zachodzi, kiedy ciało naładowane elektrycznie znajduje się blisko ciała obojętnego elektrycznie.

Praca domowa

Polecenie 2.1

Zastanów się, kiedy najczęściej dochodzi do burz w twojej okolicy. Możesz także sprawdzić, czy w najbliższym czasie są zapowiadane burze. Zorientuj się także, jak kosztowna jest instalacja piorunochronu. Na podstawie tych informacji odpowiedz na pytanie: Gdyby twoim zadaniem było zaplanowanie budowy domu (bloku), to czy twój projekt uwzględniałby zainstalowanie piorunochronu? Uzasadnij swoją odpowiedź w kilku zdaniach (5–10).

Polecenie 2.2

W internecie znajdź informację na temat domowych sposobów budowy elektroskopu. Spróbuj go skonstruować.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 9

Oceń prawdziwość zdań. W wyniku elektryzowania przez

	Prawda	Fałsz
tarcie ciała zyskują ładunki o różnej wartości (bezwzględnej).	☐	☐
tarcie ciała zyskują ładunki różnoimienne.	☐	☐
dotyk na ciałach gromadzą się ładunki różnoimienne.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Połącz w pary tak, aby otrzymane zdania były prawdziwe.

Elektroskop	to przyrząd służący do odprowadzania ładunków elektrycznych do ziemi.
Dipol elektryczny	to przyrząd do wykazywania naelektryzowania ciał.
Piorunochron	to układ dwóch ładunków różnoimiennych oddalonych od siebie.

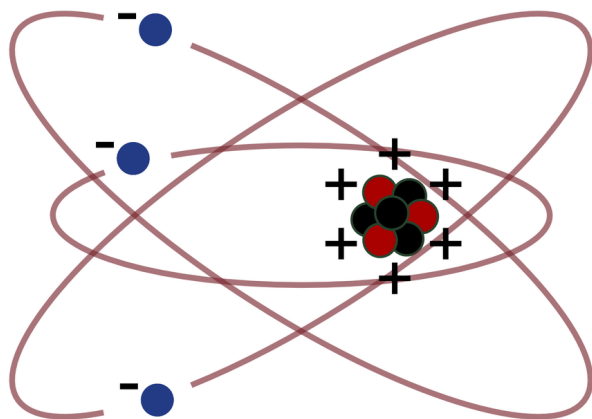
Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Słowniczek

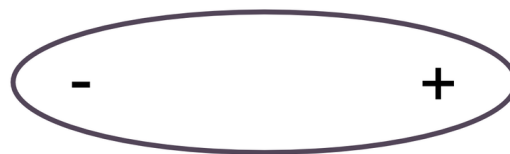
dipol elektryczny

– układ dwóch ładunków różnoimiennych o jednakowej wartości, które znajdują się w pewnej odległości od siebie.

Przykładowy atom jako dipol



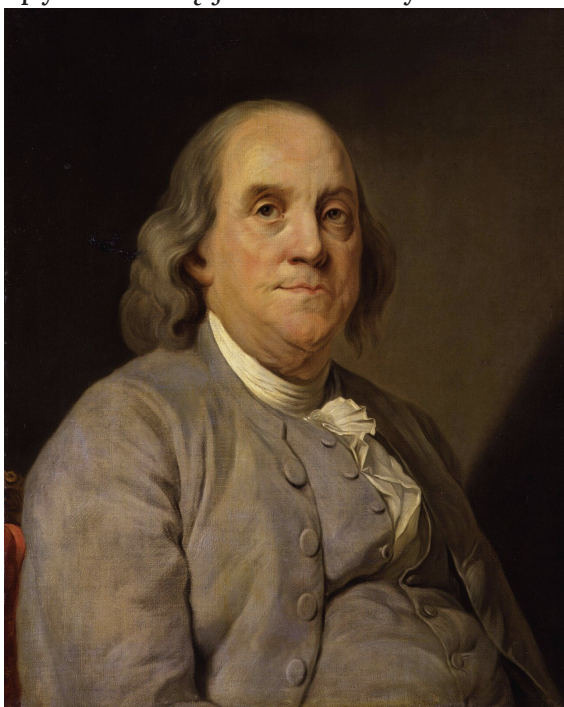
Schemat dipola elektrycznego



Źródło: Krzysztof Jaworski, Halfdan (<http://commons.wikimedia.org>), Indolences (<http://commons.wikimedia.org>), Liquid_2003 (<http://commons.wikimedia.org>), Rainer Klute (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

elektroskop

– przyrząd laboratoryjny służący do wykrywania ładunku elektrycznego; wykorzystuje zjawisko wzajemnego odpychania się jednoimiennych ładunków elektrycznych.



Źródło: Joseph-Siffrein Duplessis (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY 3.0.

Benjamin Franklin

17.01.1706 Boston – 17.04.1790 Filadelfia

Jeden z inicjatorów powstania Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Zaangażowany w życie polityczne, przez trzy lata był prezydentem Pensylwanii. Miał wiele zainteresowań, do których należały m.in. meteorologia, oceanografia, elektryczność i teoria światła. Jako pierwszy wprowadził pojęcie ładunków dodatnich i ujemnych.

polaryzacja cząsteczkowa

– zjawisko, do którego dochodzi na skutek oddziaływania cząsteczki z ładunkami elektrycznymi znajdującymi się w pobliżu. Cząsteczki, które mają różnoimienne ładunki elektryczne, pod wpływem pola elektrycznego się przesuują. W efekcie powstaje dipol elektryczny.

polaryzacja elektronowa

– zjawisko, do którego dochodzi na skutek oddziaływania atomu z ładunkami elektrycznymi znajdującymi się w pobliżu. Pod wpływem tego oddziaływania ujemny ładunek powłoki elektronowej atomu przesuwa się w stosunku do dodatnio naładowanego jądra. W rezultacie powstaje dipol elektryczny.

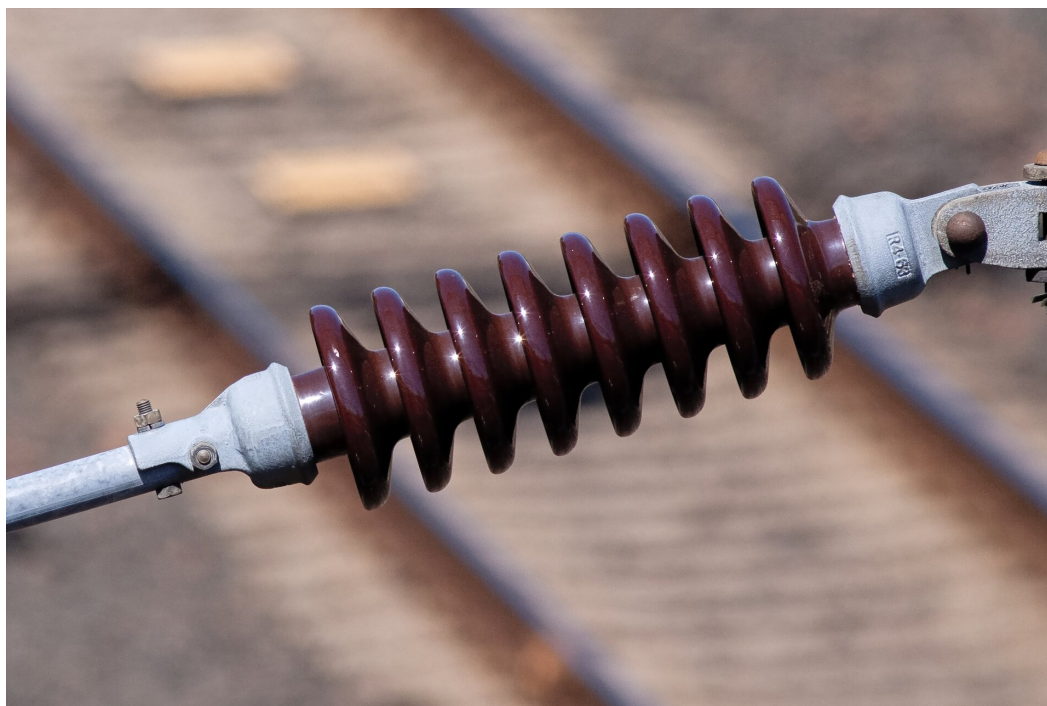
promieniowanie kosmiczne

– strumień cząstek i promieniowania elektromagnetyczne dochodzącego do Ziemi z otaczającej ją przestrzeni kosmicznej. Jednym ze źródeł promieniowania kosmicznego jest Słońce.

Przewodniki i izolatory prądu elektrycznego.

Przepływ prądu w przewodnikach

Dlaczego w domowych instalacjach elektrycznych przewody wykonane są z miedzi lub aluminium, ale nigdy z drewna? Czy prąd elektryczny może płynąć w substancjach nie będących metalami? Co odróżnia przewodnik od izolatora?



Jednym z pierwszych osiągnięć uczonych badających zjawisko elektryczności był dokonany w latach 20. i 30. XVIII wieku podział materiałów na przewodzące ją (przewodniki) oraz nie przewodzące jej (izolatory). Na zdjęciu powyżej izolator ceramiczny stosowany w instalacjach wysokiego napięcia, np. trakcjach kolejowych

Już potrafisz

- udowodnić gromadzenie się na ciałach ładunków elektrycznych;
- wyjaśnić, dlaczego między stykającymi się ciałami stałymi mogą przemieszczać się elektrony;
- wyjaśnić, że ciała można elektryzować przez tarcie, dotyk i indukcję;
- opisać budowę jądra atomowego;
- opisać jon jako atom, który ma nadmiar lub niedobór elektronów.

Nauczysz się

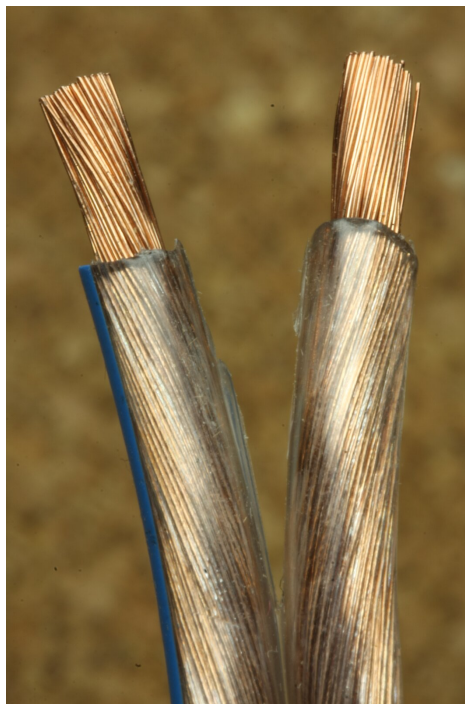
- podawać przykłady przewodników i izolatorów prądu elektrycznego;
- podawać i opisywać przykłady zastosowania przewodników i izolatorów prądu elektrycznego;
- opisywać warunki przepływu prądu w przewodnikach.

1. Przewodniki prądu elektrycznego. Przepływ prądu w przewodnikach

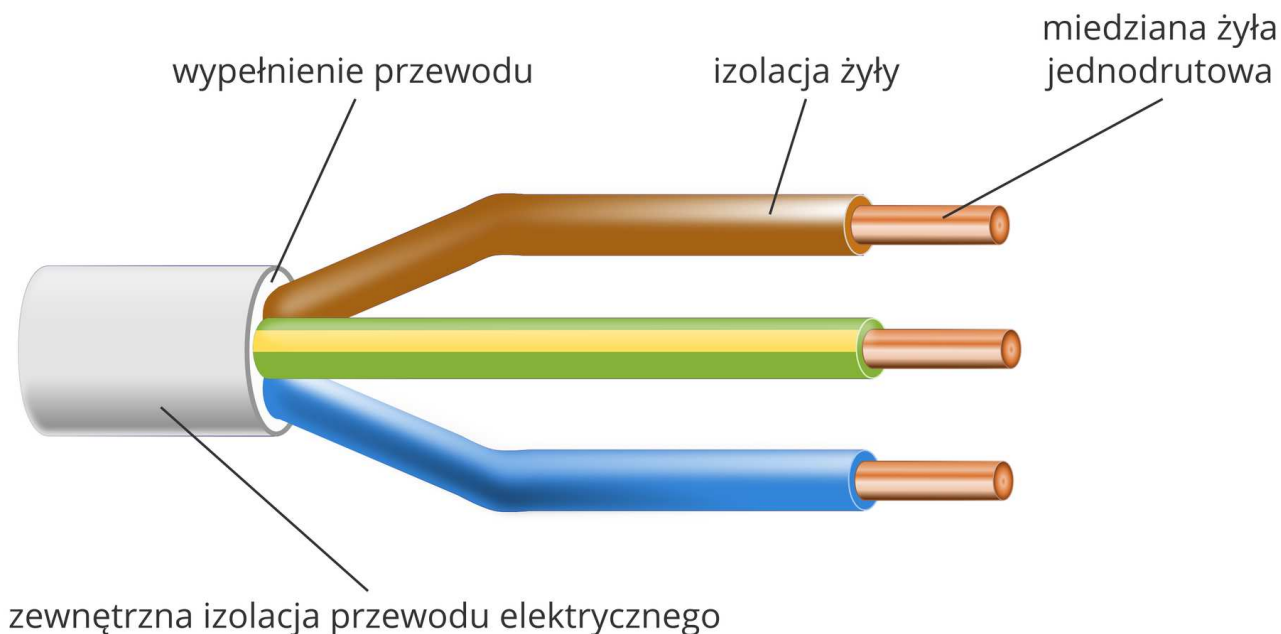
Aby domowe urządzenia elektryczne mogły działać, potrzebna jest energia. Dostarczana jest ona za pośrednictwem sieci elektrycznej. Materiały metaliczne (dobrze przewodzące prąd elektryczny), z których zbudowane są przewody elektryczne, określamy w fizyce mianem **przewodników elektronowych**. Prąd elektryczny może tam płynąć dzięki istnieniu elektronów swobodnych (mogących się poruszać). Prąd elektryczny może także płynąć przez niektóre ciecze – nazywamy je **przewodnikami jonowymi**. W takiej cieczy poruszać się mogą jony zarówno dodatnie, jak i ujemne. Z kolei **izolator** to materiał, który nie przewodzi prądu elektrycznego.

1.1. Przewodniki metaliczne (elektronowe)

Zastanów się, co znajduje się pod gumową otoczką przewodów doprowadzających prąd elektryczny do komputera, telewizora lub innych urządzeń gospodarstwa domowego. Po jej usunięciu widać złotawy metal – to miedź.



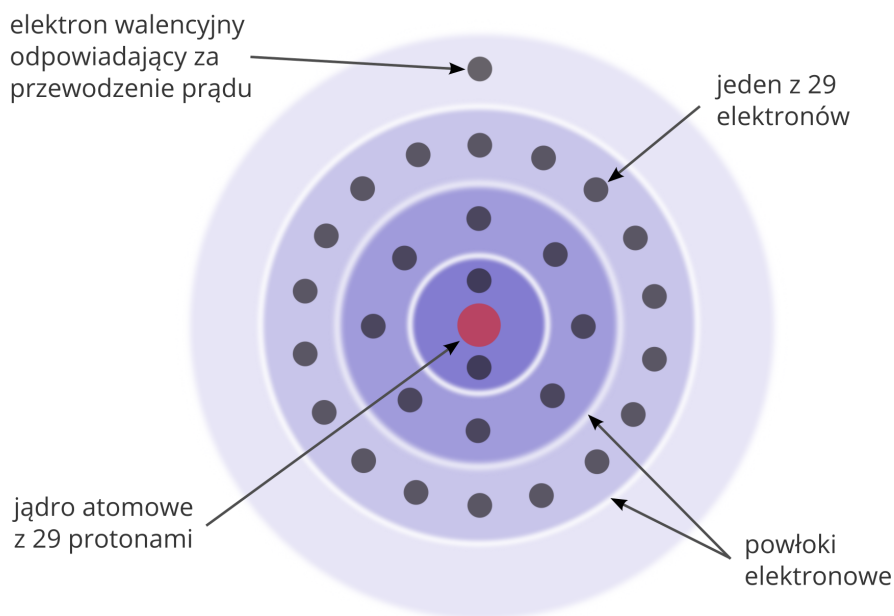
Źródło: RobertKuhlmann (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.



Źródło: Marekich (<http://commons.wikimedia.org>), Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY-SA 3.0.

Metale oraz ich stopy są dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego i ciepła. Do tej grupy zaliczają się m.in. złoto, srebro, platyna, miedź, aluminium, rtęć, stal i żeliwo. Co sprawia, że mają one takie właściwości?

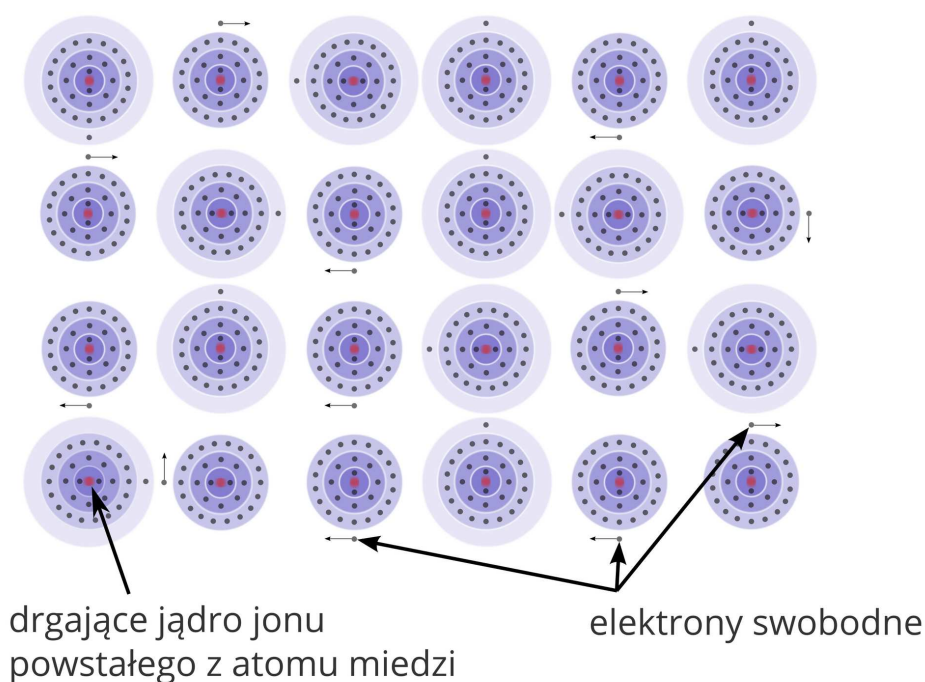
Budowa atomu miedzi



Źródło: Pumbaa, Greg Robson (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY-SA 2.0.

W centrum atomu znajduje się dodatnio naładowane jądro, wokół którego krążą elektrony. W metalach elektrony najdalszych powłok, tzw. elektrony walencyjne, mogą się łatwo odłączyć (działanie jądra na taki elektron jest bardzo słabe). Po odłączeniu stają się one

elektronami swobodnymi, które mogą przemieszczać się w objętości przewodnika, tak jak można to było zaobserwować w doświadczeniu z „tresowaniem puszki”.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

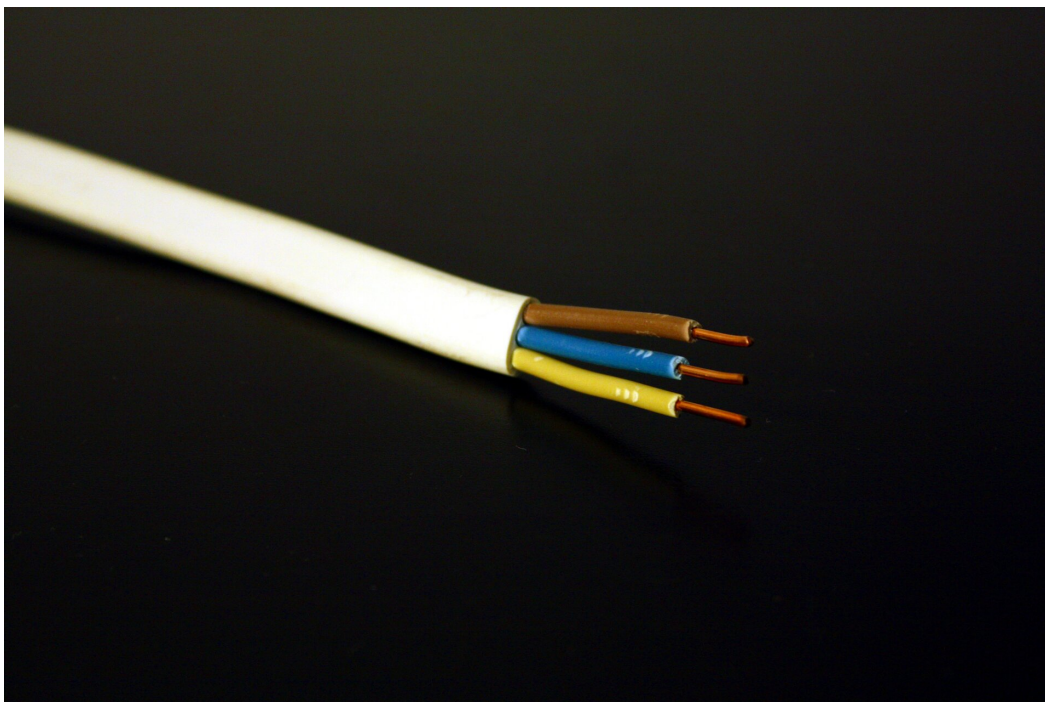
Piorunochron to instalacja, która ma chronić obiekty przed skutkami wyładowań atmosferycznych. Gdyby twoim zadaniem było zabezpieczenie domu przed uderzeniem pioruna, to z jakiego materiału byłby wykonany twój piorunochron: dobrego przewodnika czy izolatora? Odpowiedź uzasadnij. Spróbuj sporządzić projekt takiej instalacji.

przewodnik elektronowy

– ciało, w którym przenoszenie ładunku elektrycznego realizowane jest przez elektrony. Przewodnikami są głównie metale, m.in. miedź, aluminium, żelazo i złoto.

Ciekawostka

Typowy kabel (przewód instalacyjny) domowej instalacji elektrycznej składa się zwykle z trzech żył miedzianych (w starszych instalacjach – z żył aluminium) izolowanych od siebie, umieszczonych w zewnętrznej powłoce ochronnej. Każda z żył pełni określoną funkcję. Brązowy kolor izolacji oznacza żyłę, która podczas pracy znajduje się pod napięciem elektrycznym. Jest to tzw. przewód fazowy. Jego dotknięcie grozi śmiercią! Przewód, który zawsze jest koloru żółto-zielonego, nazywany jest przewodem ochronnym. Jego rolą jest zabezpieczenie przed porażeniem prądem elektrycznym (uziemienie). Kolorem niebieskim oznacza się przewód neutralny (tzw. zero robocze).

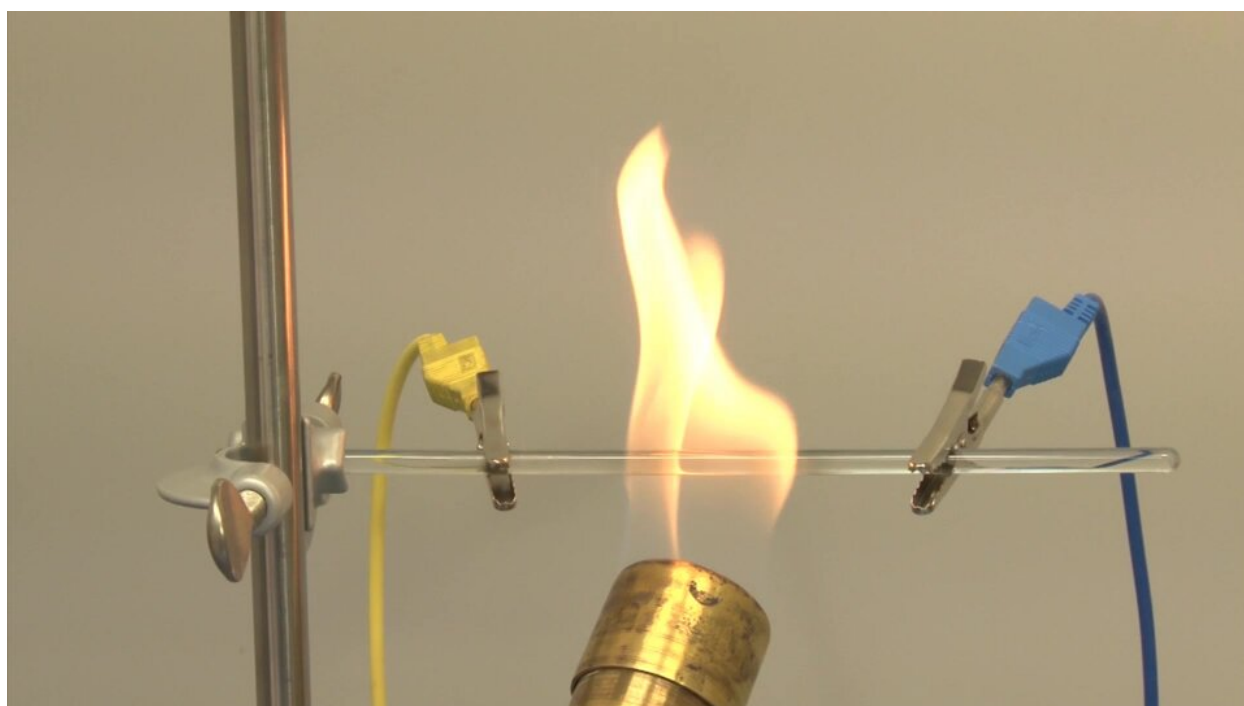


Przewód domowej instalacji elektrycznej

1.2. Przewodniki jonowe

Zapamiętaj!

Przewodnictwo jonowe możliwe jest również w niektórych ciałach stałych, np. w szkle. Szkło w normalnych warunkach jest **izolatorem**, jednak wraz ze wzrostem temperatury staje się przewodnikiem jonowym.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

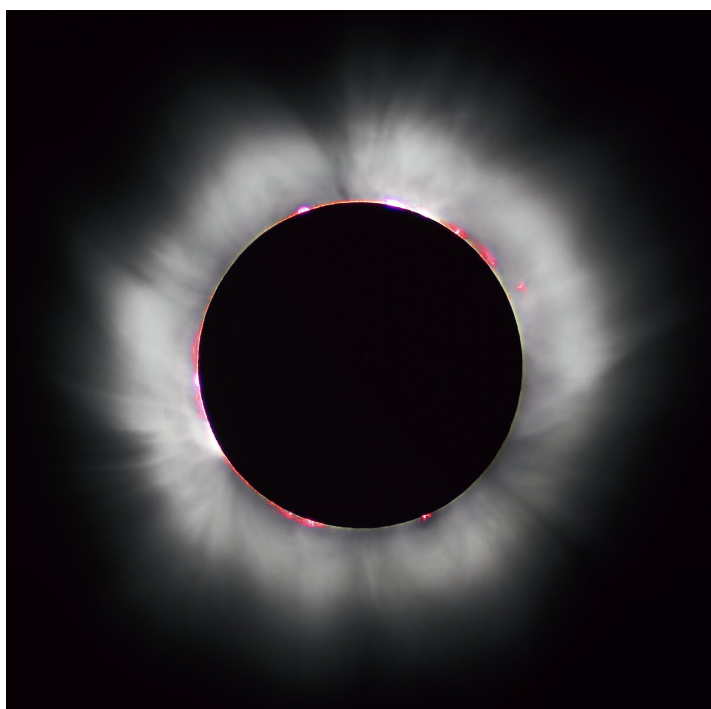
Film pokazujący przewodnictwo jonowe. Po umieszczeniu w obwodzie szklanej rurki żarówka nie zapala się. Po ogrzaniu rurki żarówka zapala się

Przewodnictwo w gazach właściwie niczym się nie różni od przewodnictwa w cieczach: gaz (lub mieszanina gazów) może przewodzić prąd elektryczny, jeśli ma swobodne nośniki ładunków – jony lub elektrony. Częsteczki te powstają w wyniku zjawiska **jonizacji**, które zachodzi pod wpływem wysokiej temperatury lub obecności pola elektrycznego.

jonizacja gazu

– zjawisko przekształcania atomów (cząsteczek) gazu w jony pod wpływem czynników zewnętrznych: temperatury, promieniowania lub pola elektrycznego.

Przykładami zjonizowanej mieszaniny gazów są płomień świecy lub korona słoneczna.



Źródło: Luc Viatour (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Zapamiętaj!

Przewodnictwo jonowe możliwe jest również w gazach i ich mieszaninach.

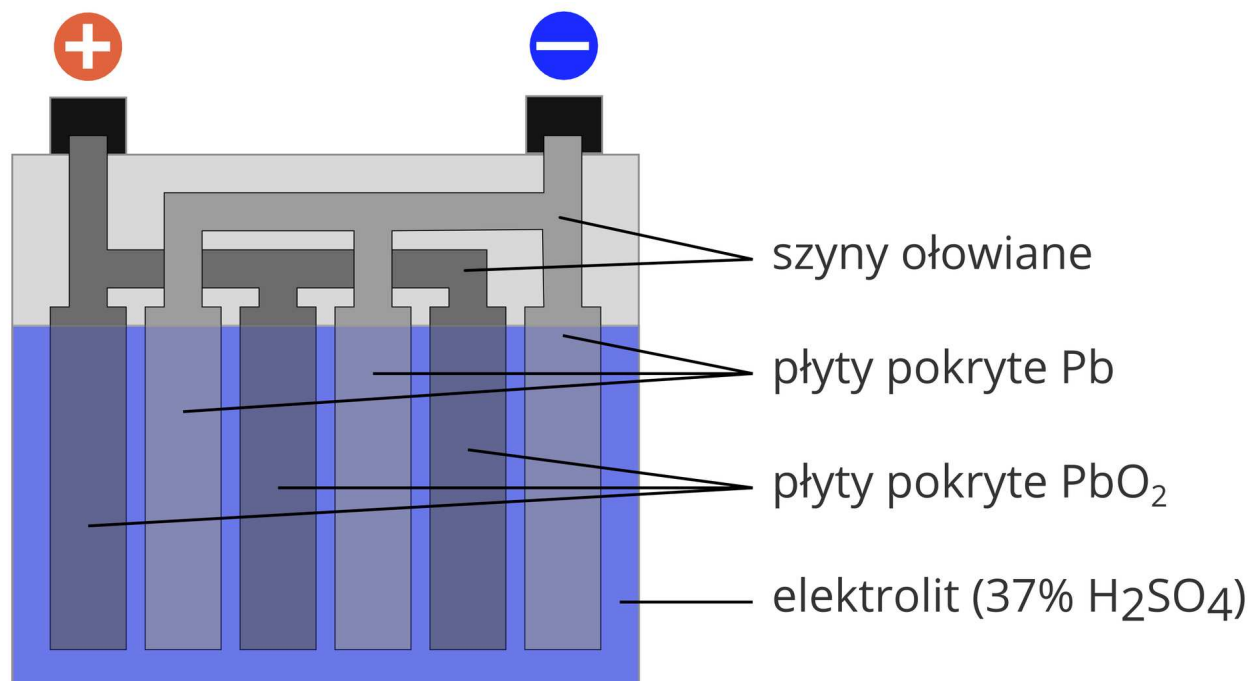
Nośniki ładunku elektrycznego

Stan skupienia przewodnika	Nośniki ładunku elektrycznego
ciała stałe	elektrony
ciecze (elektrolity)	jony dodatnie i ujemne
gazy (zjonizowane)	jony dodatnie i ujemne, elektrony

Ciekawostka

Budowa akumulatora.

Pod maską samochodu znajduje się akumulator (najczęściej ołowiowy). Pod jego zewnętrzną obudową mieszczą się dwa rodzaje płyt – jedne są pokryte grubą warstwą dwutlenku ołowiu (PbO_2), a drugie są wykonane z metalicznego ołowiu. W naładowanym akumulatorze płyty ołowiane są zanurzone w wodnym roztworze kwasu siarkowego (o stężeniu 37%). Płyty pokryte dwutlenkiem ołowiu pełnią funkcję elektrod dodatnich, a płyty pokryte ołowiem (Pb) – elektrod ujemnych.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Podczas rozładowywania akumulatora na obu elektrodach gromadzi się siarczan ołowiu (II). W efekcie maleje stężenie kwasu siarkowego w roztworze. Napięcie naładowanego ogniwa ołowiowego jest równe ok. 2,2 V. W trakcie rozładowywania napięcie maleje do 2 V i wartość ta jest utrzymywana prawie do całkowitego rozładowania akumulatora. Napięcie elektryczne wytwarzane przez jedno ogniwo wynosi jedynie 2 V. Dlatego w akumulatorach samochodowych łączy się szeregowo sześć takich ogniw, dzięki czemu łączne napięcie wyjściowe wynosi 12 V.

Ciekawostka

Plazma.

Zjonizowany gaz określa się mianem czwartego stanu skupienia materii – **plazmy**.

Ćwiczenie 1

Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Falsz
Do przewodników jonowych zaliczają się ciecze i gazy.	☐	☐
Elektrony swobodne są nośnikami prądu w metalach.	☐	☐
Przewodnikami prądu elektrycznego są tylko metale.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

2. Izolatory prądu elektrycznego

W przeciwieństwie do przewodników **izolatory (dielektryki)** nie mają swobodnych nośników ładunku elektrycznego (elektronów lub jonów), które mogłyby się swobodnie w nich przemieszczać. Dzieje się tak, ponieważ jądro atomowe i elektrony **powłok walencyjnych** silnie na siebie oddziałują. Izolatorami mogą być ciała stałe, ciecze oraz gazy.

Izolatory prądu elektrycznego

Stan skupienia izolatora	Przykłady
ciała stałe	tworzywa sztuczne – plastik, guma, szkło, papier, drewno
ciecze	woda destylowana
gazy	suche powietrze

izolator

– substancja bardzo słabo przewodząca prąd elektryczny, charakteryzująca się w szerokim zakresie temperatur brakiem swobodnych nośników ładunku elektrycznego.

Ciekawostka

Półprzewodnik.

Półprzewodniki są materiałami, które przewodzą prąd gorzej niż przewodniki, ale lepiej niż izolatory. Najważniejszą cechą półprzewodników jest to, że możemy zmieniać ich właściwości przez wprowadzenie domieszek (atomów pierwiastków z 3. lub 5. grupy układu okresowego). W ten sposób możemy otrzymać materiały, z których buduje się

diody (również świecące), tranzystory, układy scalone, elementy pamięci do komputerów lub baterie fotowoltaiczne (za ich pomocą możemy zamieniać energię słoneczną na energię elektryczną). We wszystkich półprzewodnikach opór maleje ze wzrostem temperatury (odwrotnie niż w przewodnikach). Wynika to z tego, że wraz ze wzrostem temperatury rośnie liczba swobodnych nośników ładunku.

Najpowszechniej wykorzystywanym półprzewodnikiem jest krzem.



Źródło: KOJI (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Przyporządkuj wypisane substancje (przedmioty) do odpowiedniej kategorii.

Przewodniki

wodny roztwór kwasu
siarkowego

plastikowa rurka

miedź

Izolatory

drewniany blat stołu

kawałek papieru

złoty pierścionek

szklanka

aluminiowy drucik

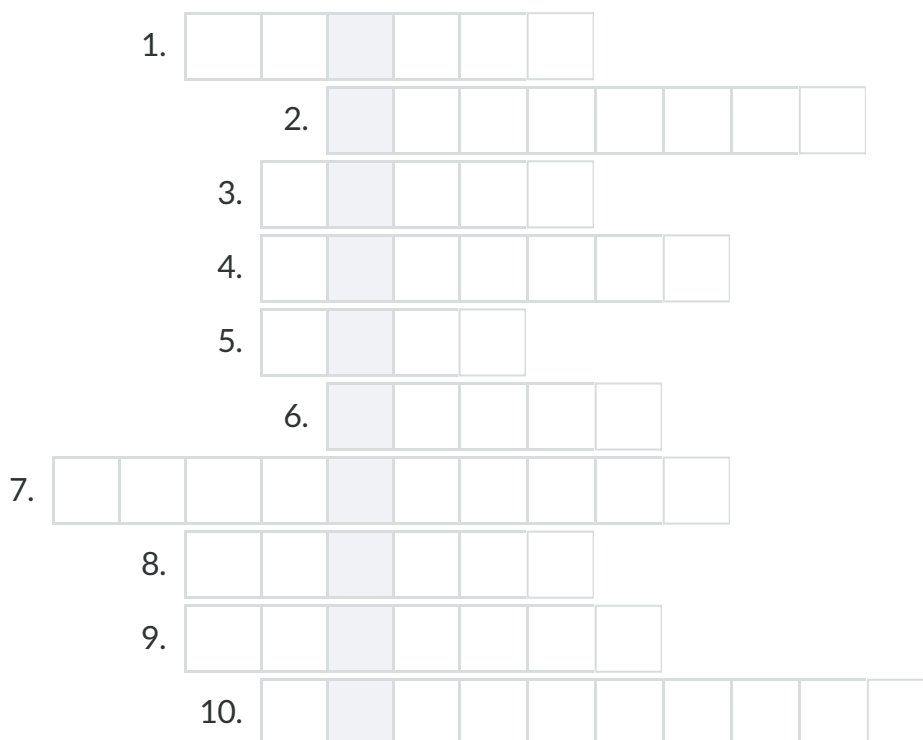
styropianowy kubek

grafit

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Rozwiąż krzyżówkę.



1. O właściwościach elektrycznych ciał stałych decyduje _____ wewnętrzna.
2. Nie przewodzi prądu elektrycznego.
3. Jest nim m.in. miedź, aluminium, złoto itp.
4. Jeden z metali szlachetnych.
5. Reklama, gaz.
6. Półprzewodnik, ma zastosowanie w przyrządach elektronicznych.
7. Wodny roztwór kwasu lub zasady przewodzący prąd.
8. Jeden ze sposobów elektryzowania ciał.
9. Jeden z gazów szlachetnych.
10. Źródło prądu elektrycznego w samochodzie.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij puste miejsca, wybierając brakujące elementy z listy.

Ciała dzieli się na przewodniki i izolatory ze względu na ich właściwości . W występują nośniki ładunku elektrycznego. W ciałach stałych swobodnymi nośnikami ładunku są natomiast w cieczech .

przewodnikach

elektrony

tylko jony ujemne

dielektrykach

tylko jony dodatnie

jony dodatnie i ujemne

magnetyczne

elektryczne

mechaniczne

tylko jony dodatnie

elektrony swobodne

jony dodatnie i ujemne

tylko jony ujemne

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Aby zobojętnić metalową kulę, wystarczy ją dotknąć w jednym punkcie.	☐	☐
Aby zobojętnić gumową piłkę, wystarczy ją dotknąć w jednym punkcie.	☐	☐
Pocieranie jednego końca rurki wykonanej z izolatora spowoduje, że drugi koniec również się naelektryzuje.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <magdalena.grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Ze względu na łatwość, z jaką ciała przewodzą prąd elektryczny, dzielimy je na **przewodniki i izolatory**.
- O właściwościach elektrycznych ciał decyduje ich budowa wewnętrzna. Ważną rolę odgrywają **elektrony walencyjne**.
- Elektron walencyjny to elektron znajdujący się na ostatniej (najbardziej zewnętrznej) powłoce atomu. Liczba elektronów walencyjnych oraz to, jak mocno są one związane

z rdzeniem atomu, wpływają na wiele własności fizycznych pierwiastka, m.in. na przewodnictwo cieplne i elektryczne.

- Przewodnictwo może być elektronowe lub jonowe.
- **Przewodnik elektronowy** to ciało, w którym ładunek elektryczny przenoszą elektrony walencyjne. Do przewodników elektronowych zaliczamy głównie metale, m.in.: miedź, aluminium, żelazo i złoto.
- W **przewodniku jonowym** nośnikami ładunku są jony dodatnie lub ujemne. Przepływowi prądu elektrycznego towarzyszy widoczny transport masy. Przewodnictwo jonowe zachodzi w cieczach, ciałach stałych i gazach.
- Ciecze, które przewodzą prąd elektryczny, to **elektrolity**.
- Elektrolity zapewniają przepływ prądu elektrycznego w ogniwach i bateriach elektrycznych oraz akumulatorach samochodowych.
- Aby gaz mógł być przewodnikiem prądu elektrycznego, musi zostać wcześniej zjonizowany.
- **Jonizacja gazu** to zjawisko przekształcania atomów (cząsteczek) gazu w jony; zachodzi pod wpływem czynników zewnętrznych – temperatury, promieniowania lub pola elektrycznego.
- Przewodnictwo jonowe gazów znalazło zastosowanie w technice oświetleniowej (światłówki, lampy neonowe).
- **Izolator** to substancja, która nie przewodzi prądu elektrycznego i charakteryzuje się niską koncentracją nośników ładunku. Do izolatorów zalicza się m.in.: gumę, styropian, suche drewno, wodę destylowaną i suche powietrze.
- Izolatory znajdują szerokie zastosowanie jako materiały zabezpieczające przed porażeniem prądem elektrycznym. Należą do nich: guma, szkło, suche drewno, tworzywa sztuczne.
- Istnieje jeszcze jedna klasa materiałów – tzw. półprzewodniki. Półprzewodnik to materiał, który przewodzi prąd elektryczny gorzej niż przewodnik, ale lepiej niż izolator. Najważniejszą cechą półprzewodników jest to, że możemy zmieniać te właściwości przez wprowadzenie pewnej liczby domieszek. Półprzewodniki (krzem, german) znalazły zastosowanie głównie w produkcji elementów elektronicznych, takich jak tranzystory, diody, układy scalone i elementy pamięci. Istotną cechą wszystkich półprzewodników ich zdolność przewodzenia prądu, która rośnie wraz ze wzrostem temperatury (odwrotnie niż w przewodnikach). Wynika to z tego, że im wyższa temperatura, tym większa liczba swobodnych nośników ładunku.

Praca domowa

Polecenie 2.1

Substancje chemiczne mogą występować w różnych odmianach alotropowych. Jedną z takich substancji jest węgiel. Znajdź informacje dotyczące budowy wewnętrznej i właściwości elektrycznych dwóch odmian tego pierwiastka – diamentu i grafitu. Określ, czy stwierdzenie: „Węgiel jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego” jest prawdziwe, czy – fałszywe. Uzasadnij odpowiedź w maksymalnie 5 zdaniach.

Polecenie 2.2

Aby zobojętnić metalową kulę, wystarczy dotknąć ją w jednym miejscu. Czy aby zobojętnić balon, można postąpić tak samo? Uzasadnij swoją odpowiedź w 2–3 zdaniach.

Słowniczek

argon (Ar)

– gaz szlachetny, w 1895 r. został skroplony przez polskiego fizyka i chemika Karola Olszewskiego. Wykorzystywany jest w przemyśle elektronicznym (dyski twarde komputerów) oraz w technice oświetleniowej.

elektrolit

– wodny roztwór kwasu, zasady lub soli dobrze przewodzący prąd elektryczny, np. wodny roztwór kwasu siarkowego.

elektrony swobodne

– elektrony niezwiązane lub słabo związane z atomami w metalach. Mogą poruszać się swobodnie w całej objętości substancji; odpowiadają za jej dobre właściwości cieplne i elektryczne.

elektrony walencyjne

– elektrony znajdujące się na ostatniej (najbardziej zewnętrznej) powłoce atomu. Liczba elektronów walencyjnych oraz to, jak mocno są one związane z rdzeniem atomu, wpływają na wiele właściwości fizycznych pierwiastka, m.in. na przewodnictwo cieplne i elektryczne.

gazy szlachetne (helowce)

– bezbarwne i bezwonne gazy, które są słabo rozpuszczalne w wodzie. Zaliczamy do nich: hel, neon, argon, krypton, ksenon i radon. Charakteryzują się niezwykle niską aktywnością chemiczną; nie tworzą trwałych związków chemicznych.

krypton (Kr)

– gaz szlachetny stosowany jako wypełniacz w żarówkach i szybach zespolonych.

ksenon (Xe)

– gaz szlachetny wykorzystywany do produkcji jarzeniówek, lamp błyskowych i żarówek o dużej mocy.

neon (Ne)

– bezbarwny i bezwonny gaz szlachetny. Stosowany do wypełniania lamp neonowych oraz jako substancja robocza w laserach helowo-neonowych.



Źródło: nn. (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Karol Olszewski

29.01.1846–24.03.1915

Polski fizyk i chemik, prekursor badań dotyczących niskich temperatur. Jako pierwszy skroplił tlen, azot i argon.

plazma

– zjonizowana materia będąca gazem zawierającym jednakową liczbę jonów dodatnich i elektronów swobodnych. Uznawana za czwarty stan skupienia materii.

powłoka walencyjna

- powłoka najbardziej oddalona od jądra atomu, na której znajdują się elektrony.

półprzewodnik

- ciało stałe, które jest gorszym przewodnikiem prądu elektrycznego niż metal, ale nie jest izolatorem. Domieszkowanie określonymi pierwiastkami pozwala poprawić właściwości elektryczne półprzewodnika. Przewodnictwo elektryczne półprzewodników zależy również od temperatury: im jest ona wyższa, tym lepsze jest przewodnictwo półprzewodnika.

przewodnik jonowy

- przewodnik, w którym dominującymi nośnikami ładunku elektrycznego są jony. Przewodniki jonowe mogą być cieczami, ciałami stałymi lub gazami.

Zasada zachowania ładunku elektrycznego

Czy proces elektryzowania prowadzi do wytwarzania elektronów? Czy nadwyżka ładunku w jednym miejscu odpowiada zawsze jego niedomiarowi w innym? Czy można uzyskać ładunek ujemny bez wytworzenia ładunku dodatniego? Jeśli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.



Jeżeli poprzez pocieranie kawałkiem zwykłego materiału równie zwyczajnej bryłki bursztynu możliwe jest wygenerowanie ładunku elektrycznego, to czy ładunki te biorą się znikąd? Przeczy to zdrowemu rozsądkowi, ale jakie jest w takim razie wyjaśnienie tego znanego od ponad 2,5 tysiąca lat zjawiska?

Już potrafisz

- opisać gromadzenie się ładunków na powierzchni ciał;
- wymienić nośniki ładunku elektrycznego, czyli elektrony swobodne i jony;
- wymienić sposoby elektryzowania ciał: tarcie, dotyk i indukcja;
- opisać siłę oddziaływania elektrycznego jako siłę zależną od znaku i wartości ładunków oraz od odległości między ciałami;
- podać wyjaśnienie, dlaczego ciałami dobrze przewodzącymi prąd elektryczny są metale, elektrolity i zjonizowane gazy.

Nauczysz się

- stosować zasadę zachowania ładunku, aby wyjaśnić zjawisko elektryzowania ciał;
- podawać przykłady zjawisk fizycznych, które spełniają zasadę zachowania ładunku elektrycznego.

W życiu codzienny często możemy zaobserwować skutki elektryzowania się ciał. Przykładowo: podczas zdejmowania swetra, słyszymy ciche trzaski, a w trakcie czesania grzebień przyciąga ku sobie końcówki włosów. Wszystkie te ciała (włosy, sweter i grzebień) stały się naelektryzowane, zyskały **ładunek elektryczny**.

Aby wyjaśnić zjawisko elektryzowania się ciał, przyjęto, że ładunki elektryczne mogą być dodatnie albo ujemne. Szybko jednak pojawiły się kolejne wątpliwości. Czy liczba zgromadzonych ładunków dodatnich musi zawsze odpowiadać liczbie ładunków ujemnych? Czy można stworzyć ładunek elektryczny? A może istnieje sposób na jego zniszczenie? W tym rozdziale spróbujemy znaleźć odpowiedzi na wszystkie postawione pytania.

Doświadczenia, jakie wykonasz na dzisiejszej lekcji, pozwolą potwierdzić, że w zjawiskach elektryzowania ciał spełniona jest zasada zachowania ładunku.

Zapamiętaj!

Ładunki elektryczne nie giną ani nie można ich stworzyć.

Należy pamiętać o tym, że zasada zachowania ładunku spełniona jest wyłącznie w tzw. układach izolowanych elektrycznie, czyli takich, które nie wymieniają ładunków z otoczeniem.

Reguła: Zasada zachowania ładunku

W układach izolowanych sumaryczny ładunek (algebraiczna suma ładunków dodatnich i ujemnych) nie ulega zmianie.

Polecenie 1

Wykonaj poniższe doświadczenie. Jak zinterpretujesz jego wynik? Napisz samodzielnie podsumowanie.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy spełniona jest zasada zachowania ładunku elektrycznego?

Hipoteza

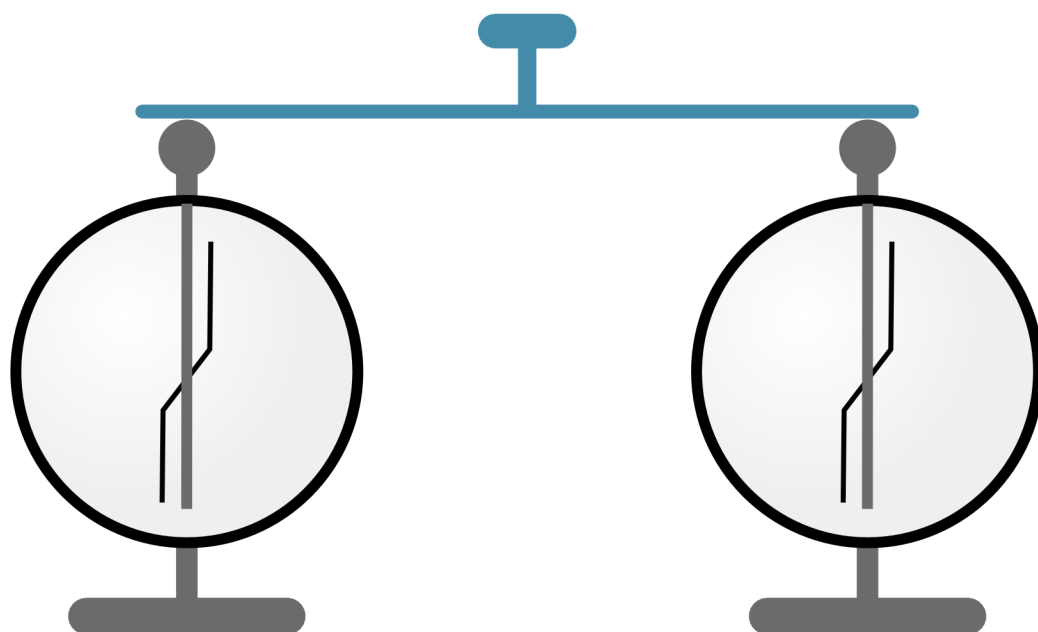
Równa wartość ładunku elektrycznego zgromadzonego na elektroskopach potwierdza prawdziwość zasady zachowania ładunku.

Co będzie potrzebne

- dwa elektroskopy;
- metalowy łącznik;
- pałeczka ebonitowa lub rurka z PVC;
- wełniana szmatka.

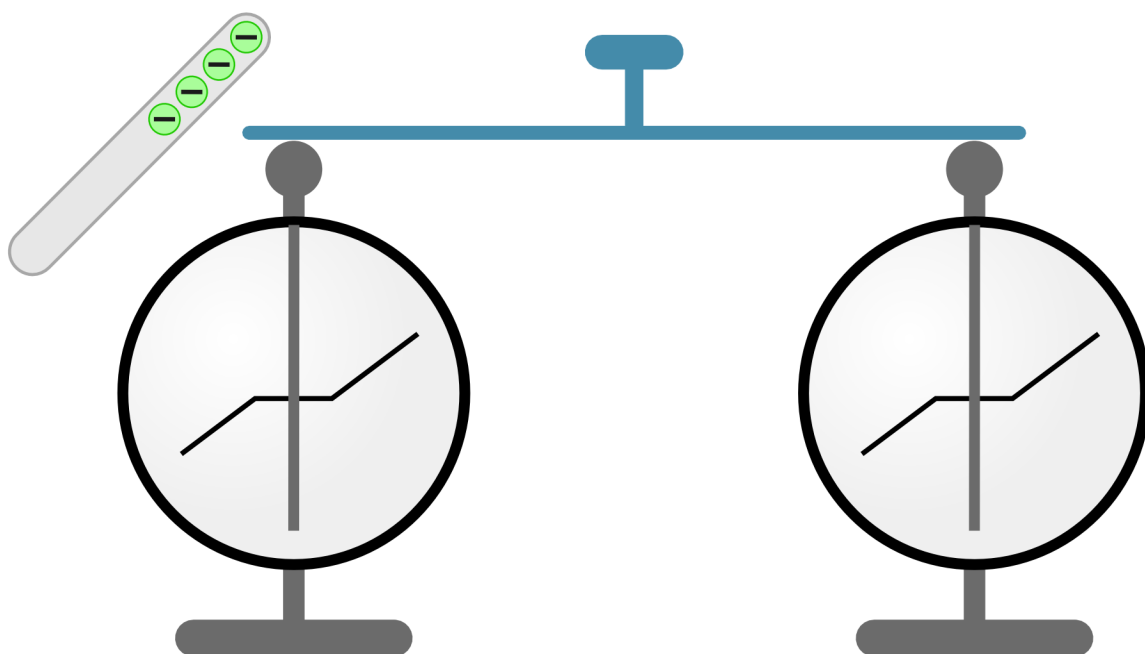
Instrukcja

1. Umieść dwa elektroskopy obok siebie.
2. Połącz je ze sobą za pomocą łącznika.



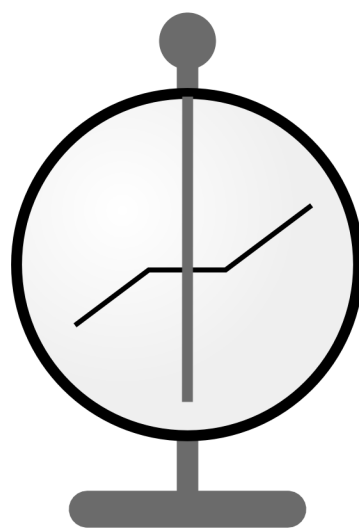
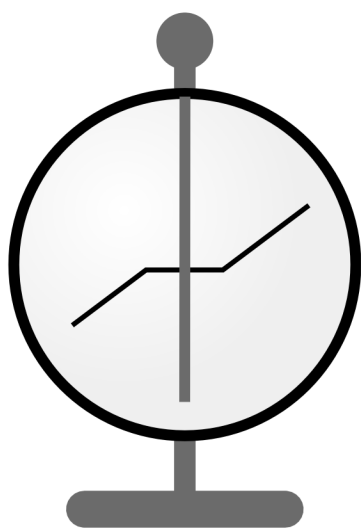
Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

3. Naelektryzuj pałeczkę ebonitową lub rurkę przez tarcie.
4. Zbliz pałeczkę do kulki jednego z elektroskopów (ale jej nie dotykaj).



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

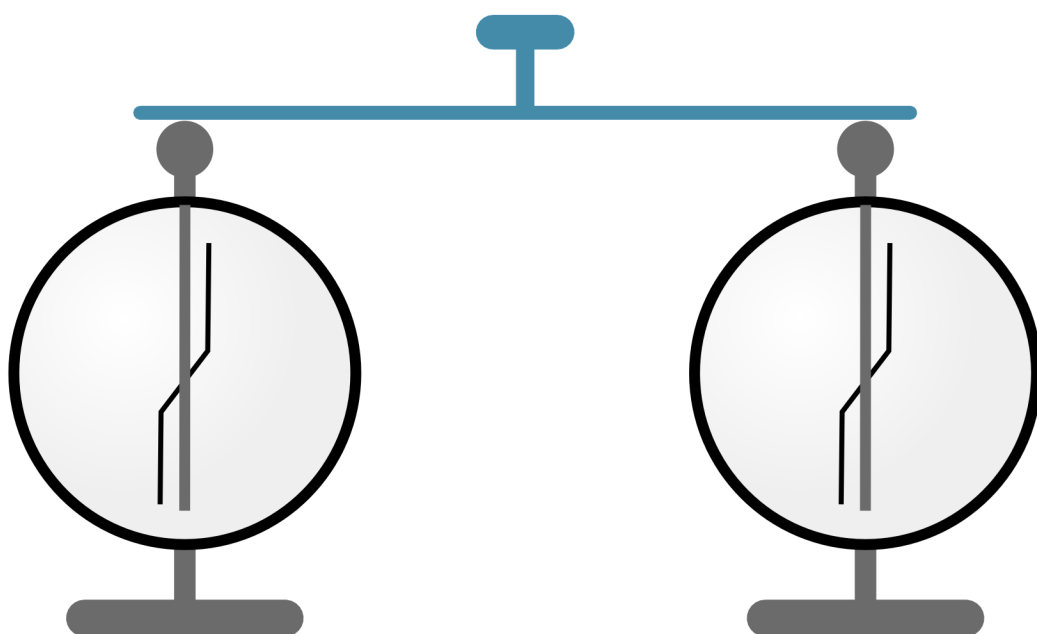
5. Oddal łącznik od elektroskopów.
6. Odsuń pręt (przynajmniej na odległość jednego metra).



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

7. Obserwuj wychylenia wskazówek elektroskopów.

8. Ponownie połącz ze sobą elektroskopy za pomocą łącznika.

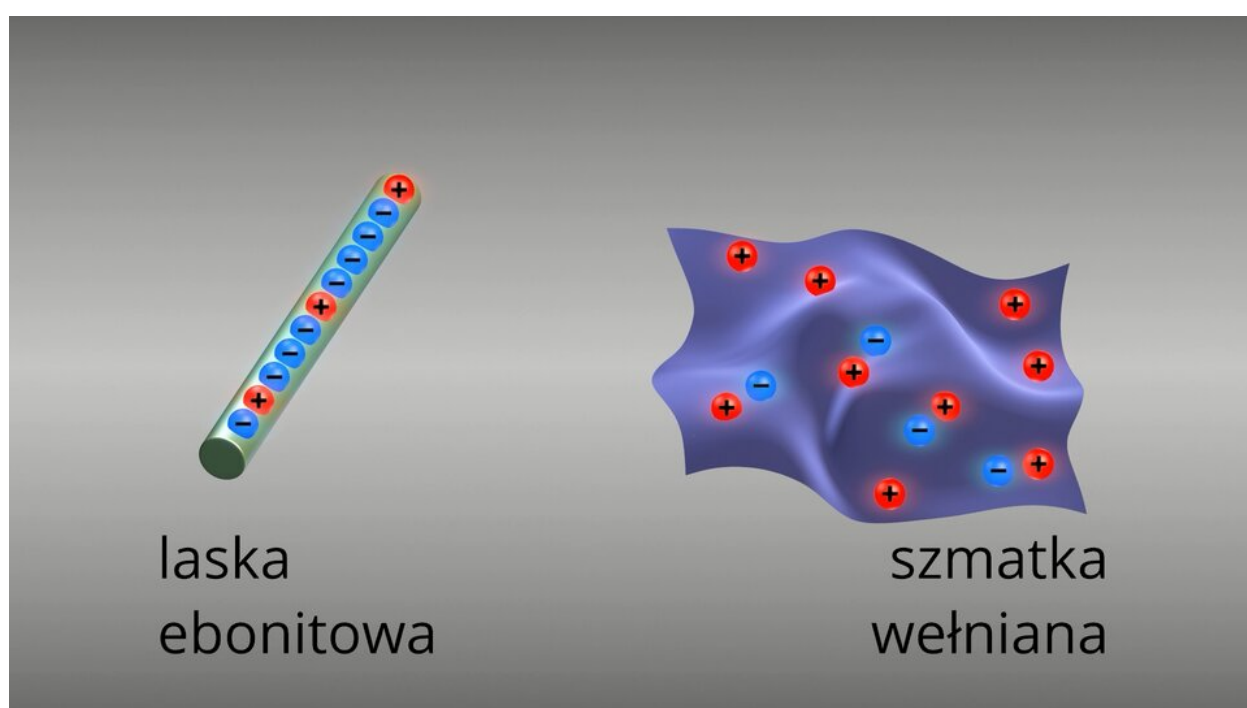


Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Zapisz w zeszycie kolejne obserwacje. O czym świadczy to, że wskazówki obu elektroskopów opadły po ich połączeniu? Zapisz dwa wnioski: jeden dotyczący znaku ładunków na każdym z elektroskopów a drugi wielkości tych ładunków

Zasada zachowania ładunku pozwala nam lepiej zrozumieć i opisać przebieg wielu zjawisk fizycznych, w tym omawianego już zjawiska elektryzowania ciał.

Podczas **elektryzowania przez tarcie** ciała uzyskują ładunki różnoimiennie. Jedno z ciał „oddaje” określoną liczbę elektronów swobodnych, a drugie je „przyjmuje”. Ładunek elektryczny nie powstaje wskutek elektryzowania – jedynie się przemieszcza. Całkowity ładunek zgromadzony na obu ciałach nie ulega zmianie, jest tylko inaczej rozmieszczony. Sprawdź w poniższej animacji, że suma algebraiczna ładunków przed pocieraniem była równa zero i po naelektryzowaniu laski ebonitowej (lub rurki z PVC) jest także równa zero.



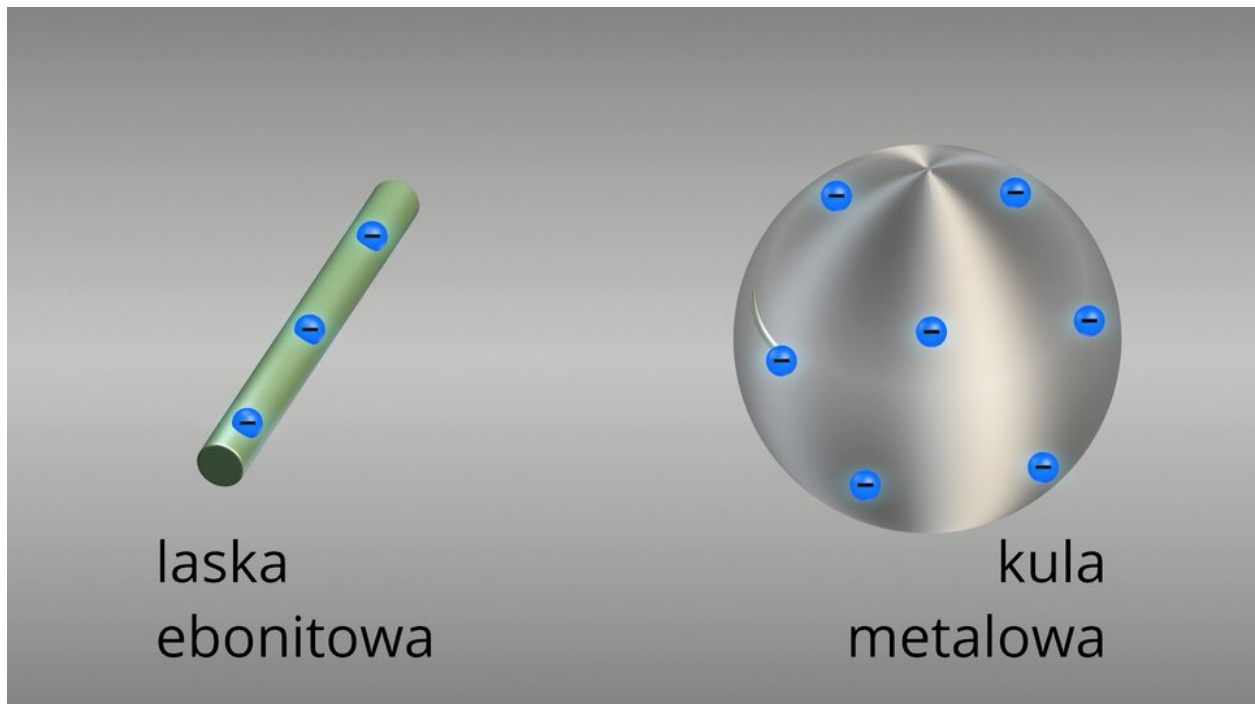
Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

Elektryzowanie ciał przez tarcie

Jeśli ciało naelektryzowane dotknie ciała nienaelektryzowanego, ładunek ujemny przechodzi albo z ciała naelektryzowanego (jeżeli miało ono nadmiarowy ładunek ujemny) na ciało obojętne elektrycznie, albo z ciała obojętne elektrycznie na ciało naładowane (jeżeli miało ono nadmiarowy ładunek dodatni).

W rezultacie ciało początkowo obojętne elektrycznie po zakończeniu opisywanego procesu ulega naelektryzowaniu. Zmienia się rozkład ładunku, ale nie jego wartość ani znak. Ciało obojętne elektrycznie zyskało ładunek kosztem ciała naelektryzowanego; jedno zyskało tyle, ile drugie straciło.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

Elektryzowanie ciał przez dotyk

Jak to jest możliwe, aby np. ładunki ujemne przeszły na obojętną elektrycznie kulkę, albo odwrotnie – z kulki na rurkę? Wyjaśnienie znajduje się poniżej.

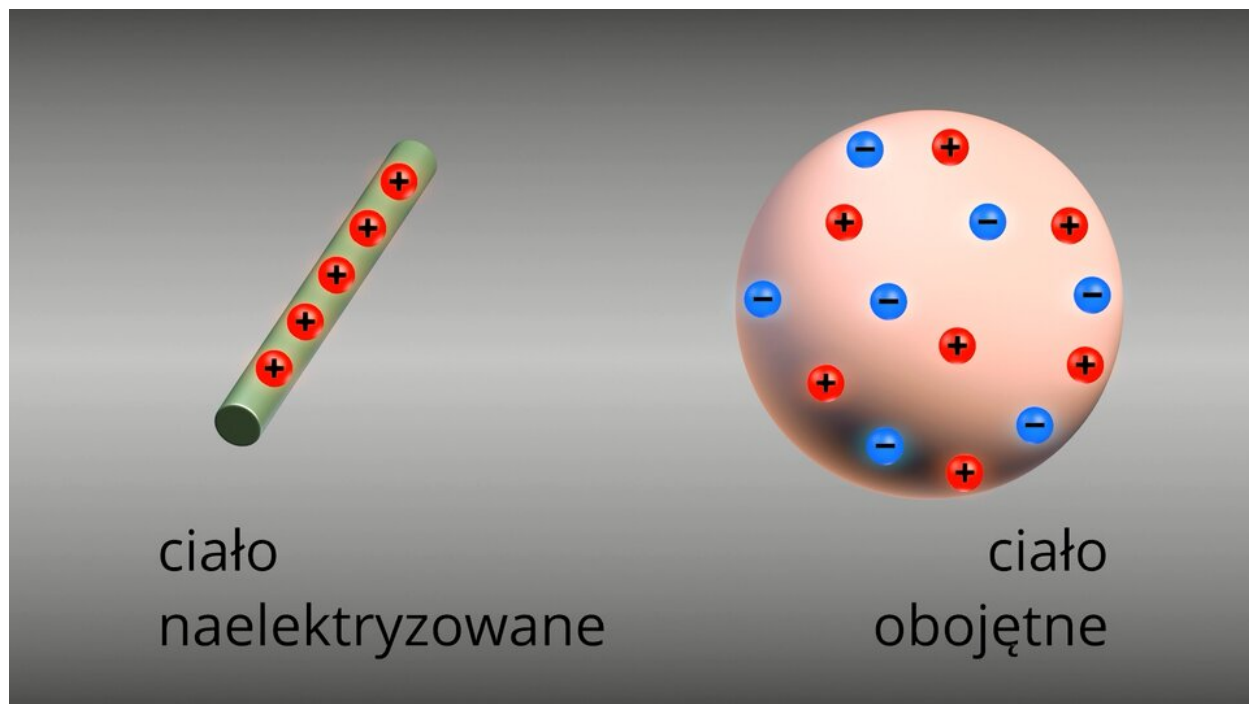
Elektryzowanie przez indukcję prowadzi do przesunięcia ładunku (w przewodniku) lub jego **polaryzacji** (w izolatorze). W przewodniku znajdują się swobodne nośniki ładunku ujemnego – elektrony.

Jeżeli do **przewodnika** obojętnego elektrycznie zbliżamy (ale nie dotykamy) pałeczkę naładowaną ujemnie, to elektrony w przewodniku odsuwają się jak najdalej od pałeczki. W części przewodnika, która jest bliżej pałeczki, powstaje nadmiar ładunku dodatniego a na przeciwnej stronie – nadmiar ładunku ujemnego.

Jeżeli do przewodnika zbliżamy pałeczkę naładowaną dodatnio, to elektrony w przewodniku przejdą na stronę przewodnika będącą bliżej pałeczki. Powstanie tam nadmiar ładunku ujemnego, a z przeciwnej strony przewodnika – nadmiar ładunku dodatniego.

Jeżeli zbliżamy naelektryzowaną ujemnie pałeczkę do **izolatora** obojętnego elektrycznie to możemy wywołać dwie różne reakcje. Jego dipole elektryczne mogą się ustawić tak, aby ich bieguny dodatnie znajdowały się jak najbliżej pałeczki (jeżeli zbliżymy pałeczkę naładowaną dodatnio, to oczywiście będzie odwrotnie). Dipole wytworzone w obojętnym ciele będą również zorientowane w taki sam sposób.

W obu sytuacjach nastąpi jedynie rozdzielenie istniejącego ładunku elektrycznego (nie powstanie żaden nowy ładunek).



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Marcin Sadowski, licencja: CC BY 3.0.

Elektryzowanie ciał przez indukcję

Uwaga: co się stanie z ładunkami ujemnymi na kulce **po dotknięciu** kulki naładowaną dodatnio rurką? Czy ładunek kulki dalej będzie równy zero? Jak zmieni się ładunek na rurce? Powyższa symulacja pokazuje zjawiska podczas zbliżania dodatnio naładowanego ciała do kulki z przewodnika. Jak wyglądałyby te zjawiska, gdyby do metalowej kulki zbliżało się ciało naładowane ujemnie?

Ćwiczenie 1

Uzupełnij puste miejsca, wybierając brakujące elementy z listy.

Dwie identyczne metalowe kulki naelektryzowane różnoimiennie umieszczono na drewnianym blacie stołu. Na powierzchni pierwszej kulki zgromadził się ładunek $-8\text{ }\mu\text{C}$, a na drugiej $4\text{ }\mu\text{C}$.

Po zetknięciu kulek przemieszczą się . Łączny ładunek obu kulek będzie równy . Po chwili kulki zaczną się , ponieważ naelektryzowały się przez . Na powierzchni każdej z kulek zgromadzi się ładunek równy .

indukcję

różnoimiennie

dotyk

$-2\text{ }\mu\text{C}$

$2\text{ }\mu\text{C}$

z pierwszej kulki na drugą

$6\text{ }\mu\text{C}$

tarcie

z drugiej kulki na pierwszą

$-6\text{ }\mu\text{C}$

$-4\text{ }\mu\text{C}$

jednoimiennie

protony

odpychać

elektrony

neutrony

$-12\text{ }\mu\text{C}$

$12\text{ }\mu\text{C}$

$4\text{ }\mu\text{C}$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

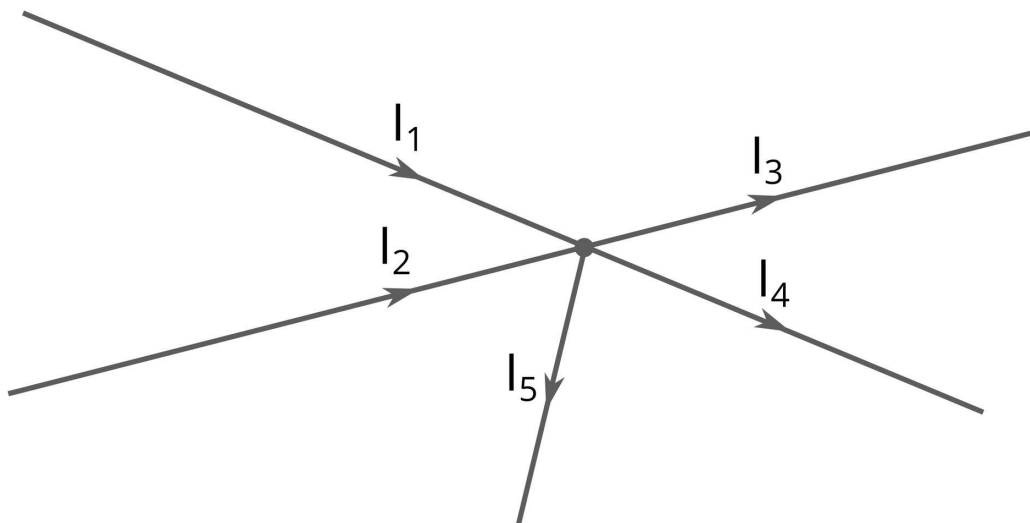
Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Jest spełniona w dowolnym układzie ciał.	☐	☐
Jest spełniona w układzie ciał izolowanych elektrycznie.	☐	☐
Jest spełniona w przypadku elektryzowania dwóch ciał przez dotyk.	☐	☐
Jest spełniona tylko w przypadku elektryzowania przez indukcję.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Zasada zachowania ładunku pozwoliła wyjaśnić m.in. reguły rządzące przepływem prądu elektrycznego. Dzięki niej wiadomo, że **węzły sieci elektrycznej** nie wytwarzają ładunku. Z tego natomiast można wywnioskować, że liczba ładunków wpływających do węzła jest równa liczbie ładunków z niego wypływających. Tę zasadę nazywamy **pierwszym prawem Kirchhoffa**.

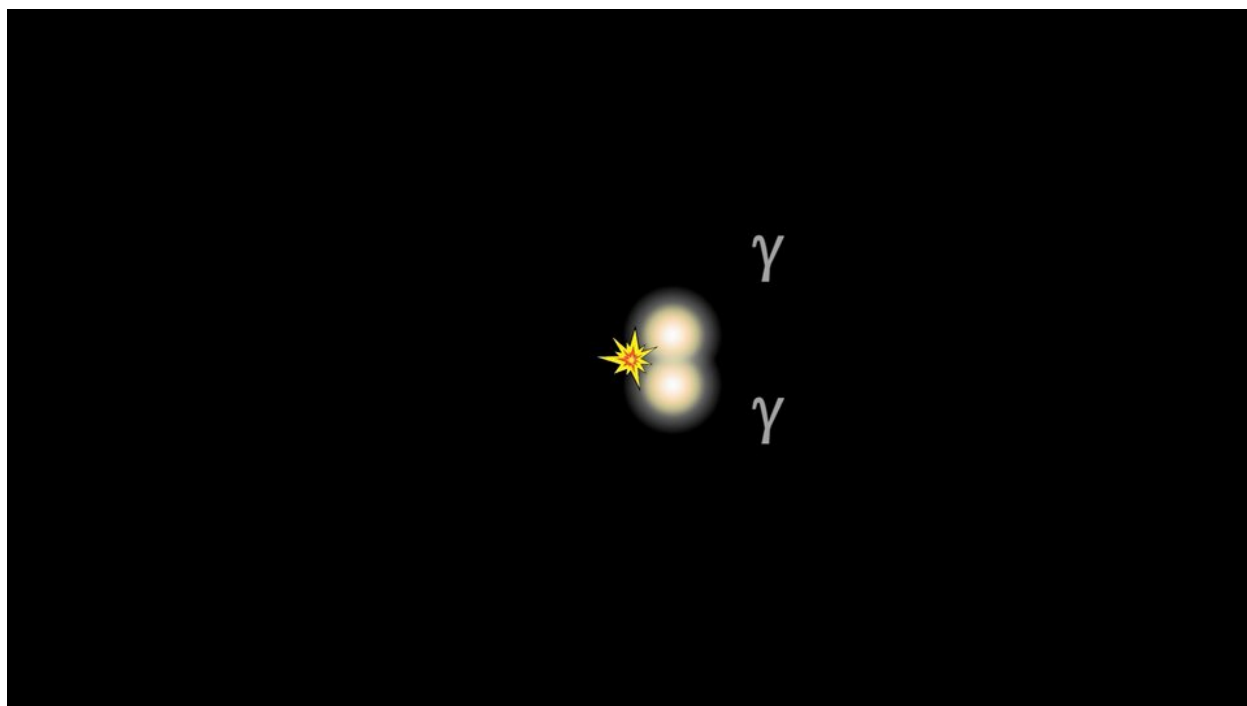


$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ciekawostka

Zasada zachowania ładunku jest fundamentalnym prawem opisującym przebieg wielu zjawisk w mikroświecie, np. anihilacji par cząstek elektron – pozyton.



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Źródło: Marcin Sadowski, Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>), Krzysztof Jaworski, Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Anihilacja pary elektro-pozyton

Podsumowanie

- Ładunki elektryczne nie giną ani nie można ich stworzyć – mogą jedynie się przemieszczać.
- W układach izolowanych elektryczniesumaryczny ładunek elektryczny (algebraiczna suma ładunków dodatnich i ujemnych) nie ulega zmianie.
- Dwa powyższe stwierdzenia są niezależnymi sformułowaniami zasady zachowania energii; każde z nich podkreśla inny aspekt tej zasady.
- Układ ciał izolowany elektrycznie to układ, w którym nie dochodzi do wymiany ładunków z otoczeniem.
- Zasada zachowania ładunku pozwala wyjaśnić przebieg wielu zjawisk, do których należą elektryzowanie ciał (przez tarcie, dotyk i indukcję), zasady rządzące przepływem prądu elektrycznego (pierwsze prawo Kirchhoffa) i wiele zjawisk w mikroświecie, np. reakcje jądrowe.

Słowniczek

ładunek elektryczny

– wielkość fizyczna mająca wpływ na właściwości materii. Ciała mogą być obojętne elektrycznie, naładowane dodatnio lub mieć ujemny ładunek elektryczny. Oddziaływanie między ciałami obdarzonymi ładunkami jednoimiennymi (czyli mającymi taki sam znak) ma charakter odpychający, oddziaływanie między ciałami mającymi ładunki różnoimienne (czyli mającymi różne znaki) – przyciągający.

polaryzacja dielektryczna

– zjawisko powstawania dipoli w dielektryku lub zjawisko zmiany orientacji (uporządkowania) dipoli już istniejących dipoli.

pozyton (e^+)

– antycząstka elektronu; jego masa i wartość ładunku są takie same jak w elektronie. Ładunek przenoszony przez pozyton jest dodatni (w odróżnieniu od elektronu, który przenosi ładunek ujemny).

pierwsze prawo Kirchhoffa

– prawo mówiące, że suma natężeń prądu wpływającego do węzła sieci elektrycznej jest równa sumie natężeń prądu z niego wypływającego.

układ izolowany elektrycznie

– układ ciał, w którym nie dochodzi do wymiany ładunku elektrycznego z otoczeniem.

węzeł sieci elektrycznej

– miejsce, w którym rozgałęziają się przewody elektryczne.

zasada zachowania

– obowiązujące prawo fizyczne dotyczące m.in. energii mechanicznej i ładunku elektrycznego. Zgodnie z tą zasadą dana wielkość fizyczna jest zachowana, czyli nie zmienia się w pewnych warunkach.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 3

Elektrycznie obojętna kropla wody uderzając o parapet rozpadła się na dwie kropelki o tych samych rozmiarach i masie. Ładunek jednej kropelki jest równy $+2Q$. Jaki jest ładunek drugiej kropelki?

☐ $-Q$

☐ $+2Q$

☐ $-2Q$

☐ Q

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Dwie jednakowe metalowe kulki naelektryzowano tak, że na powierzchni pierwszej zgromadził się ładunek równy $-Q$, a na drugiej ładunek równy $+4Q$. Korzystając z zasady zachowania ładunku, oblicz, jaki ładunek zgromadził się po zetknięciu na każdej z kulek.

☐ Na pierwszej $-1/2 Q$ i na drugiej $3/2 Q$.

☐ Na pierwszej $3/2 Q$ i na drugiej $3/2 Q$.

☐ Na pierwszej $-3 Q$, a na drugiej $3 Q$.

☐ Na pierwszej $3 Q$ i na drugiej $3 Q$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki

W tym dziale przedstawiliśmy informacje o ładunkach elektrycznych, ich pochodzeniu, rodzajach oraz prawach rządzących oddziaływaniami między tymi ładunkami.

Pokazaliśmy, jak można przekonać się o istnieniu ładunków i sprawdzić, od czego zależy siła ich wzajemnego oddziaływania. Podaliśmy klasyfikację materiałów ze względu na właściwości elektryczne oraz przedstawiliśmy przykłady izolatorów i przewodników elektrycznych.



Elektrostatyka, choć wydaje się prostym i dość ograniczonym działem fizyki, kryje w sobie wiele tajemnic. Przykładowo: dlaczego materiały i substancje będące dobrymi izolatorami w pewnych warunkach mogą całkiem dobrze przewodzić prąd elektryczny? Najbardziej znanym przykładem tego zjawiska jest uderzenie pioruna

1. Elektryzowanie ciał



Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Ciała można elektryzować przez:

- tarcie;
- dotyk;
- *indukcję.

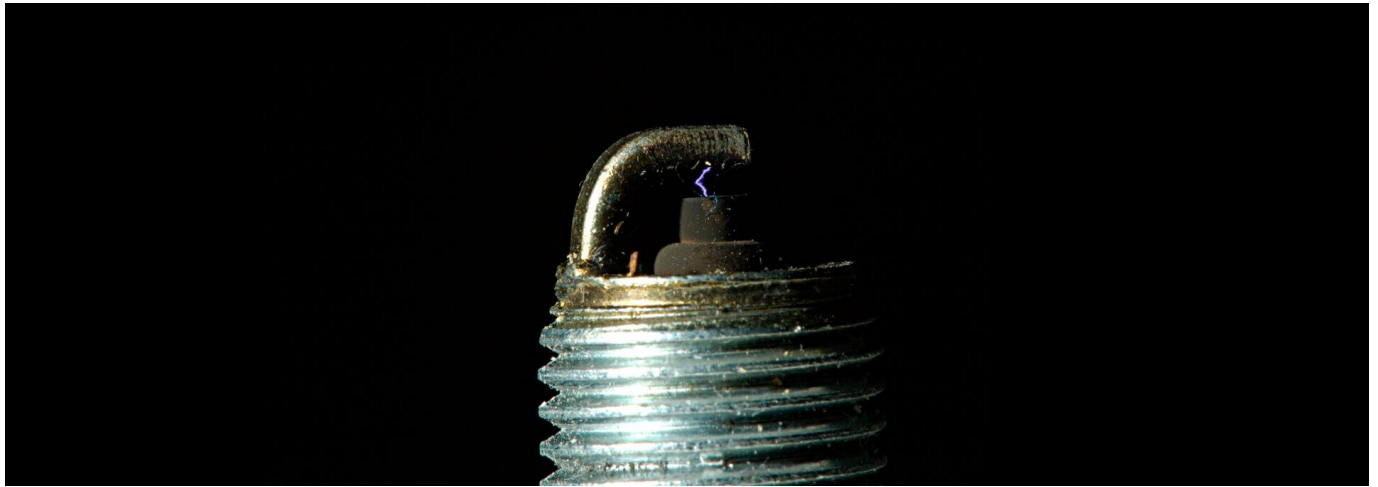
1. **Elektryzowanie ciał przez tarcie** polega na pocieraniu (oddziaływaniu mechanicznym) o siebie dwóch ciał, pierwotnie obojętnych elektrycznie. Pewna liczba elektronów (obdarzonych ładunkiem ujemnym) przechodzi wtedy z jednego ciała do drugiego. W efekcie na jednym ciele powstanie nadmiar elektronów, czyli ładunku ujemnego, a na drugim – nadmiar ładunku dodatniego (niedobór elektronów). Ostatecznie oba ciała są naelektryzowane ładunkami o tej samej wartości, ale przeciwnym znaku.

2. **Elektryzowanie przez dotyk** polega na dotknięciu ciała pozbawionego ładunku ciałem naelektryzowanym. Jeżeli jest ono naładowane dodatnio, to elektrony przechodzą z ciała obojętnego elektrycznie na ciało naelektryzowane. Jeżeli naelektryzowane ciało jest naładowane ujemnie, to elektrony przechodzą z niego na ciało obojętne elektrycznie. W efekcie na obu ciałach gromadzi się ładunek elektryczny tego samego znaku.

Uwaga: elektryzowanie przez dotyk musi być poprzedzone przemieszczeniem się ładunku w ciele, które chcemy naelektryzować.

3. ***Elektryzowanie przez indukcję** polega na zbliżeniu (na pewną odległość) ciała naładowanego do innego ciała. W efekcie następuje przemieszczanie się elektronów swobodnych: bliżej ciała naelektryzowanego gromadzi się (indukuje) ładunek o znaku przeciwnym niż ładunek ciała naelektryzowanego, a na przeciwnej stronie tego ciała – ładunek mający taki sam znak. Efekt ten znika, gdy oddalimy ciało naelektryzowane.

2. Ładunek elektryczny



Źródło: wizetux (<https://www.flickr.com>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY NC 2.0.

Materia zbudowana jest z ogromnej liczby atomów, a te składają się z cząstek elementarnych. Niektóre z nich są obdarzone ładunkiem elektrycznym:

- elektrony – ładunkiem ujemnym;
- protony – ładunkiem dodatnim.

W ciele obojętnym elektrycznie liczba elektronów jest równa liczbie protonów.

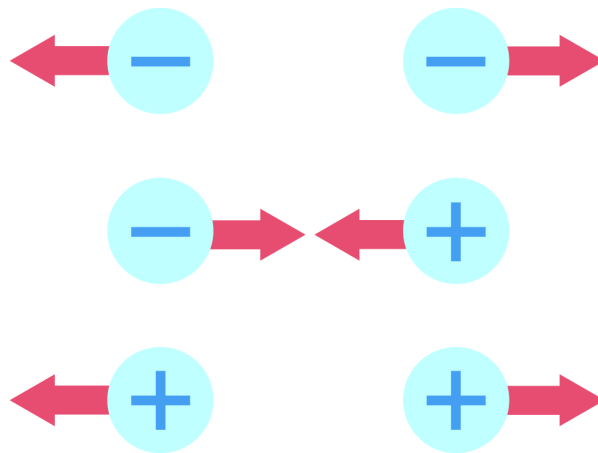
W ciele naładowanym ujemnie liczba elektronów jest większa od liczby protonów.

W ciele naładowanym dodatnio liczba elektronów jest mniejsza od liczby protonów.

Ładunek elektryczny oznaczany jest najczęściej literą Q lub q .

Jednostką ładunku elektrycznego jest **kulomb**; oznaczmy go literką „C”.

3. Oddziaływanie ładunków elektrycznych



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

1. Ciała obdarzone ładunkiem elektrycznym oddziałują wzajemnie jeden na drugi siłą elektrostatyczną:
 - gdy ich ładunki są tego samego znaku (jednoimienne), ciała się odpychają;
 - gdy ich ładunki są przeciwnego znaku (różnoimienne), ciała się przyciągają.
2. Oddziaływanie elektrostatyczne jest wzajemne.
3. Wartość siły elektrycznej zależy zarówno od wartości ładunku zgromadzonego na ciałach, jak i o odległości między nimi:
 - im większa wartość ładunku, tym większa siła elektrostatyczna;
 - im większa odległość między ciałami, tym mniejsza siła elektrostatyczna.
4. Prawo wiążące siłę elektrostatyczną z wartością ładunków i odległością między naelektryzowanymi ciałami nazywamy prawem Coulomba.

Prawo: prawo Coulomba

Siła wzajemnego oddziaływania dwóch ładunków punktowych Q_1 i Q_2 jest wprost proporcjonalna do iloczynu tych ładunków, a odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi.

Twierdzenie to można zapisać za pomocą wzoru:

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

gdzie:

F – siła;

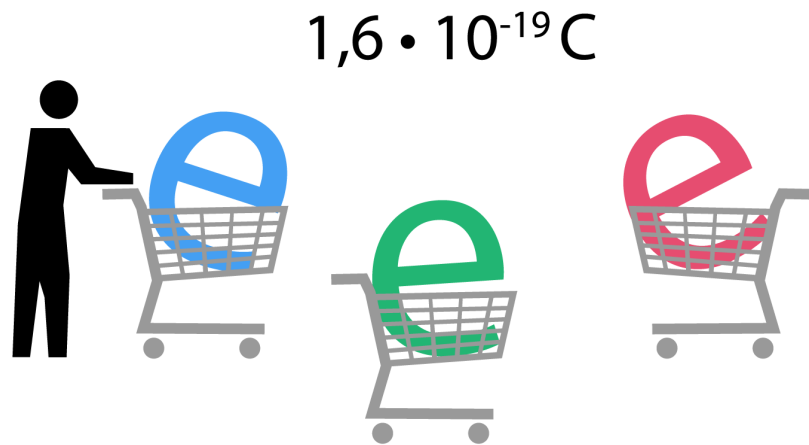
k – stała elektrostatyczna; $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$;

Q_1, Q_2 – punktowe ładunki elektryczne;

r – odległość między punktowymi ładunkami elektrycznymi.

Z prawa Coulomba wynika, że gdy odległość ładunków jest stała, to siła wzajemnego oddziaływania rośnie tyle razy ile razy wzrośnie każdy ładunek – gdy każdy z nich wzrośnie np. dwa razy, to siła wzrośnie 4 razy, gdy tylko jeden wzrośnie np 3 razy, to siła wzrośnie 3 razy. Przy stałej wartości ładunków siła maleje ze wzrostem odległości – np. dwukrotny wzrost odległości powoduje czterokrotne zmniejszenie wartości siły.

4. Ładunek elementarny



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Ładunek elementarny to najmniejsza porcja ładunku, jaką można przenieść z jednego ciała na drugie. Oznaczamy go literą „e”. Ładunek elementarny jest równy wartości ładunku, jaki posiadają elektron lub proton, i wynosi $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Wartość każdego ładunku elektrycznego jest wielokrotnością ładunku elementarnego:

$$Q = n \cdot e$$

5. Zasada zachowania ładunku

1. Ładunki elektryczne nie giną ani nie można ich stworzyć – mogą jedynie się przemieszczać.

2. W układach izolowanych sumaryczny ładunek elektryczny (algebraiczna suma ładunków dodatnich i ujemnych) nie ulega zmianie.
3. Dwa powyższe stwierdzenia są niezależnymi sformułowaniami zasady zachowania ładunku; każde z nich podkreśla jej inny aspekt.
4. W układzie izolowanym elektrycznie nie dochodzi do wymiany ładunków z otoczeniem.
5. Zasada zachowania ładunku pozwala wyjaśnić przebieg wielu zjawisk, do których należą: elektryzowanie ciał (przez tarcie, dotyk i indukcję), zasady rządzące przepływem prądu elektrycznego (pierwsze prawo Kirchhoffa) i wiele zjawisk w mikroświecie, np. reakcje jądrowe.

6. Przewodniki i izolatory



Źródło: PublicDomainPictures (<http://pixabay.com>), public domain.

1. Ze względu na łatwość, z jaką ciała przewodzą prąd elektryczny, dzielimy je na:
 - przewodniki;
 - izolatory;
 - *półprzewodniki.
2. **Przewodniki** to ciała dobrze przewodzące prąd, zawierające cząstki naładowane, które mogą się swobodnie wewnątrz nich przemieszczać. Cząstki te nazywamy nośnikami prądu.
Przewodnikami są:
 - metale (złoto, srebro, miedź, glin) – nośnikami prądu są w nich elektrony;

- elektrolity, czyli ciecze przewodzące prąd (roztwory kwasów, zasad i soli, w tym płyny ustrojowe organizmów żywych), a nośnikami prądu są w nich jony;
- zjonizowane gazy (gazy zamknięte w świetłówkach i lampach neonowych, iskra, błyskawica) – nośnikami prądu są w nich elektrony i jony.

3. **Izolatory** to substancje, które nie przewodzą prądu elektrycznego. Częstki obdarzone ładunkiem nie mogą się w nich swobodnie przemieszczać;

- do izolatorów zalicza się m.in. gumę, szkło, styropian, papier, suche drewno, tworzywa sztuczne i suche powietrze;
- izolatory znajdują szerokie zastosowanie jako materiały zabezpieczające przed porażeniem prądem elektrycznym.

4. ***Półprzewodnik** to materiał wykazujący właściwości przewodnika oraz izolatora.

- przykładem półprzewodników są krzem i german;
- najważniejszą cechą półprzewodników jest to, że możemy zmieniać ich zdolność przewodzenia prądu przez wprowadzenie pewnych domieszek;
- półprzewodniki znalazły zastosowanie głównie w przemyśle – wykorzystuje się je do wyrobu elementów elektronicznych takich jak tranzystory, diody, układy scalone i elementy pamięci;
- zdolność przewodzenia prądu przez półprzewodniki rośnie wraz ze wzrostem temperatury (odwrotnie niż u przewodników). Dzieje się tak, ponieważ ze wzrostem temperatury wzrasta liczba swobodnych nośników ładunku.

Test

Ćwiczenie 1

Uzupełnij lukę.

Kropla rtęci posiadająca ładunek $Q_1 = 1 \text{ mC}$ spadła do naelektryzowanego pojemnika o ładunku $Q_2 = -5 \text{ mC}$. Ładunek pojemnika z rtęcią wynosi mC.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Ładunek $Q = 32 \text{ mC}$. Ile to kulombów?

☐ 3200 C

☐ 0,032 C

☐ 0,32 C

☐ 3,2 C

☐ 32000 C

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uporządkuj ładunki od najmniejszego do największego: $Q_1 = 1,95 \text{ mC}$, $Q_2 = 195 \text{ } \mu\text{C}$, $Q_3 = 0,195 \text{ C}$.

☐ $Q_1 < Q_2 < Q_3$

☐ $Q_2 = Q_1 < Q_3$

☐ $Q_2 < Q_1 < Q_3$

☐ $Q_3 < Q_1 < Q_2$

☐ $Q_2 < Q_3 < Q_1$

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij lukę.

Cząstka posiadająca ładunek ujemny równy wartości ładunku elementarnego to

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Uporządkuj w kategorii.

przewodnik

izolator

półprzewodnik

papier

platyna

szkło

bawełniana tkanina

woda z kranu (pitna)

krzem

ebonit

krew

żelazo

aluminium

miedź

rtęć

german

guma

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Dokończ poniższe zdanie tak, aby uzyskać poprawną odpowiedź.

Proton i jon dodatni

☐

nie oddziałują ze sobą.

☐

nie mają ładunku elektrycznego.

☐

odpychają się.

☐

są obdarzone ładunkami różnoimiennymi.

☐

są obdarzone ładunkami jednoimiennymi.

☐

są nośnikami ładunku w cieczach i gazach.

☐

przyciągają się.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

W chmurach burzowych unoszące się w górę kuleczki lodu ocierają się o kropelki wody. W wyniku tarcia tych drobin chmura elektryzuje się na gorze dodatnio, a u podstawy ujemnie. Jak można opisać wymianę ładunków między kroplami wody a kulkami lodu?

- ☐ Kulki lodu oddają elektrony, a krople wody oddają protony.
- ☐ Kulki lodu oddają więcej elektronów niż protonów, a krople wody przyłączają więcej elektronów niż protonów.
- ☐ Kulki lodu przyłączają protony, a krople wody je oddają.
- ☐ Kulki lodu oddają elektrony, a krople wody je przyłączają.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Który z wymienionych przedmiotów jest izolatorem?

- ☐ łodyga kwiatu
- ☐ metalowy łańcuszek
- ☐ żelazna poręcz
- ☐ gumowy kalosz
- ☐ srebrna łyżeczka
- ☐ złoty pierścionek

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Zadania

Polecenie 1

Plastikowa linijka potarta o wełniany szalik naelektryzowała się ujemnie.

1. Napisz, jakie cząstki elementarne zostały przemieszczone między linijką a szalikiem.
2. Zostały one przeniesione z szalika na linijkę czy odwrotnie?
3. Czy szalik też się naelektryzował? Jeśli tak, to jakiego znaku i jakiej wartości jest ładunek uzyskany przez szalik?

Polecenie 2

Napisz, jak powstają jony dodatnie, a jak – ujemne.

Polecenie 3

W części wstępnej tego podręcznika (klasa pierwsza) napisano, że oddziaływania między ciałami dzielimy na oddziaływania bezpośrednie i oddziaływania na odległość. Do której grupy zaliczysz oddziaływanie między naelektryzowanymi balonikami? Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 4

W podręczniku biologii napisano: „Zapylenie kwiatów zależy od owadów przenoszących ziarenka pyłku z kwiatu na kwiat. Jeden ze sposobów, w jaki pszczoły mogą to zrobić, polega na elektrostatycznym zbieraniu ziaren pyłku. Pszczoły są zwykle naładowane dodatnio. Gdy pszczoła zawisa w pobliżu pylnika kwiatu, ziarenka pyłku padają na pszczołę i są przez nią przenoszone do następnego kwiatu”.

1. Wyjaśnij, dlaczego ziarenka pyłku spadają na pszczołę.
2. Czy ziarenko pyłku ma kontakt elektryczny z ciałem pszczoły? Wskazówka: zastanów się, jaki ładunek elektryczny miałoby ziarenko połączone z pszczołą.

Polecenie 5

Na długiej nici wisi styropianowa kulka. Wiadomo, że jest ona naelektryzowana, ale nie wiemy, jaki znak ma zgromadzony na niej ładunek. Zaproponuj doświadczenie pozwalające rozpoznać znak tego ładunku. Wskaż materiały potrzebne do przeprowadzenia eksperymentu, które stosunkowo łatwo znajdziesz w domu lub w klasie.

Polecenie 6

Na skutek tarcia powietrza o jadący samochód jego karoseria się elektryzuje. Czy gumowe opony stanowią uziemienie karoserii? W swojej odpowiedzi odwołaj się do pojęcia przewodnika i izolatora.

Polecenie 7

*Aby zapobiec elektryzowaniu się ubrań lub sprzętu elektronicznego, stosuje się różne środki antyelektrostatyczne. Powinny być one przewodnikami czy izolatorami? Odpowiedź uzasadnij.

Sprawdzian wiadomości

Ćwiczenie 1

Plastikowa linijka potarta o papierową książkę naelektryzowała się ujemnie. Książka

- ☐ naelektryzowała się również ładunkiem ujemnym.
- ☐ mogła naelektryzować się ładunkiem dodatnim lub ujemnym w zależności od gatunku papieru.
- ☐ pozostała nienaelektryzowana.
- ☐ naelektryzowała się ładunkiem dodatnim.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Uporządkuj przedmioty ze względu na ich właściwości elektryczne.

izolatory

przewodniki

miedziana siatka

włókno węglowe

drewniany widelec

złoty łańcuszek

mokry piasek

polarowa kurtka

smar silikonowy

gumowa podeszwa buta

pot

plastikowa linijka

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Które z poniższych twierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Gdy naelektryzowana dodatnio szklanka zetknie się z elektrycznie obojętną łyżeczką, to część elektronów z łyżeczki przepłynie do szklanki.	☐	☐
Mamy dwie krople wody: jedna ma ładunek: $+2\text{ }\mu\text{C}$, druga: $-3\text{ }\mu\text{C}$. Po połączeniu tych kropli powstanie jedna o ładunku $-1\text{ }\mu\text{C}$.	☐	☐
Naelektryzowane włosy odpychają się, ponieważ ich ładunki są tego samego znaku.	☐	☐
Gdy naelektryzowana dodatnio szklanka zetknie się z elektrycznie obojętną łyżeczką, to część protonów ze szklanki przepłynie do łyżeczki.	☐	☐
Mamy dwie krople wody: jedna ma ładunek: $+2\text{ }\mu\text{C}$, druga: $-3\text{ }\mu\text{C}$. Po połączeniu tych kropli powstanie jedna o ładunku $-5\text{ }\mu\text{C}$.	☐	☐
Naelektryzowana ujemnie linijka przyciąga skrawki papieru wyłącznie wtedy, gdy skrawki te są naelektryzowane dodatnio.	☐	☐

Ćwiczenie 4

Połącz fragmenty wypowiedzi tak, aby otrzymać zdanie prawdziwe.

Jednostką ładunku jest

obdarzony jest ładunkiem dodatnim.

Słona woda

obdarzony jest ładunkiem ujemnym.

Elektron

najmniejszą porcją ładunku elektrycznego.

Ładunek elementarny jest

kulomb.

Proton

jest przewodnikiem elektrycznym.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Uzupełnij lukę.

Cząstka posiadająca ładunek dodatni równy wartości ładunku elementarnego to

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Szklana płytką potarta o suchy papier naelektryzowała się dodatnio.

1. Napisz, jakie cząstki zostały wymienione między papierem a szkłem.
2. Czy zostały one przeniesione z papieru na szkło, czy – ze szkła na papier?
3. Czy papier też się naelektryzował?

Polecenie 2

Na metalowej płycie zgromadzono ładunek $q_1 = +5 \text{ mC}$. Na tę płytę spadło ziarenko ryżu obdarzone ładunkiem $q_2 = -200 \text{ }\mu\text{C}$. Oblicz całkowity ładunek płyty i ziarenka. Wskazówka: zwróć uwagę na jednostki ładunku.

Polecenie 3

Podczas projektowania obudowy urządzenia elektrycznego należy zadbać o bezpieczeństwo użytkowników. Spośród wymienionych substancji wskaż **dwie**, z których można wykonać taką obudowę: żelazo, guma, plastik, bawełna, bibuła, miedź, porcelana, aluminium. Uzasadnij swój wybór. Odwołaj się do właściwości wybranego materiału.

Prąd elektryczny i jego natężenie

Urządzenia pracujące dzięki prądowi elektrycznemu są nieodłącznym elementem naszego życia. Trudno wyobrazić sobie dzień bez czajnika elektrycznego, odkurzacza, oświetlenia, tramwaju. Bez prądu nie działają rozrusznik samochodowy ani pociągi (nawet jeśli główny napęd pociągu jest spalinowy, to i tak bez prądu nie da się go uruchomić). Radio, telewizja, telefony... Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej o zjawisku przepływu prądu elektrycznego, czytaj dalej.



Prąd elektryczny jest w naszej rzeczywistości tak wszechobecny, że nie wyobrażamy sobie życia bez niego. Z trudem dociera też do nas świadomość, jak niewiele tak naprawdę upłynęło czasu od momentu, gdy pierwsze gniazdka elektryczne pojawiły się w domach mieszkalnych i budynkach użyteczności publicznej

Już potrafisz

- opisać atom jako obiekt zbudowany z jądra atomowego, wokół którego poruszają się elektrony;
- wymienić nośniki ładunku elektrycznego – elektrony swobodne i jony;
- rozróżnić przewodniki i izolatory prądu elektrycznego;
- wyjaśnić, że jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb (C).

Nauczysz się

- objaśniać pojęcie natężenia prądu elektrycznego;
- wykorzystywać zależność natężenia prądu elektrycznego od czasu jego przepływu i ładunku elektrycznego;
- mierzyć wartość natężenia prądu elektrycznego;
- korzystać z zależności między jednostką natężenia prądu elektrycznego (amperem) a jej krotnościami.

1. Natężenie prądu elektrycznego

Już na lekcjach przyrody w szkole podstawowej, a niedawno podczas lekcji poświęconych elektrostatyce, dowiedzieliście się, że istnieją dwie podstawowe grupy substancji: przewodniki i izolatory. W przewodnikach znajdują się swobodne nośniki ładunku, czyli cząstki lub cząsteczki mające ładunek elektryczny różny od zera i mogące się poruszać w obrębie danego przewodnika. Te nośniki to elektrony i jony. W izolatorach zaś istnieją zarówno elektrony, jak i jony, ale nie mogą się one przemieszczać.

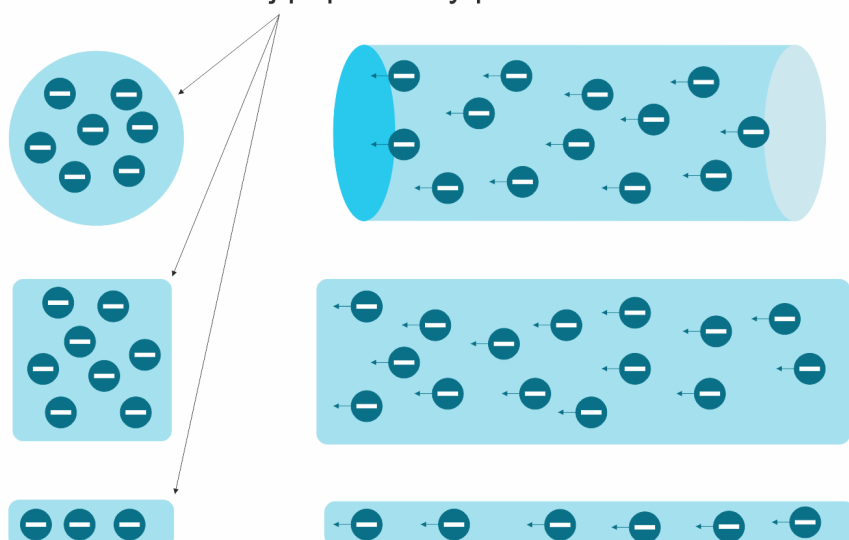
Swobodne nośniki ładunku – skupmy się na ciałach stałych i elektronach – nieustannie się poruszają. Zachowują się jak cząsteczki gazu (dlatego używamy pojęcia „gaz elektronowy”). Elektrony poruszają się chaotycznie – mogą się zderzać ze sobą lub z atomami tworzącymi sieć krystaliczną. Przypomina to trochę ruch żaglików i kajaków na jeziorze. A jak taki ruch wyglądałby na rzece? Wyobraźmy sobie na tyle szeroką rzekę, że z jej środka nie widać brzegów (Amazonka ma u ujścia szerokość około 80 km). Po tej rzece w dowolny sposób pływają łódki. Nie widzisz brzegów; jedyne, co możesz zaobserwować to chaotyczny ruch łódek. Gdybyśmy spojrzeli z góry, dostrzeglibyśmy, że oprócz tego chaotycznego ruchu mamy do czynienia z przemieszczeniem się tych wszystkich łódek w stronę oceanu. Powiemy, że wszystkie one dryfują w jedną stronę. Jedne z nich poruszają się prostopadle do brzegów, inne – w stronę ujścia, a jeszcze inne – w górę rzeki. Prąd elektryczny to właśnie taki dryf elektronów – poruszają się one we wszystkich możliwych kierunkach. Powodem zmian kierunku są zderzenia z atomami lub innymi elektronami. Podczas zderzeń elektrony mogą tracić energię. Dlaczego jednak poruszają się dalej?

Łódki płyną rzeką z miejsca położonego wyżej do miejsca położonego niżej. Im większa różnica wysokości, z tym z większą prędkością płynie woda. A co zmusza elektrony do dryfowania w którąś stronę? W tym przypadku rolę różnicy wysokości odgrywa **napięcie elektryczne**. Definicję tej wielkości poznasz w szkole ponadgimnazjalnej (liceum lub technikum). Na razie będziemy jej tylko używać do opisu zjawisk związanych z przepływem prądu elektrycznego. Nieco więcej na ten temat dowiesz się z następnego rozdziału.

prąd elektryczny

– ukierunkowany ruch nośników ładunków elektrycznych.

Przekrój poprzeczny przewodnika



Ruch ładunków w przewodnikach o różnych kształtach przekroju poprzecznego

Na powyższym rysunku przedstawiono dryf elektronów, który jest ruchem ukierunkowanym, pominięto zaś ruch chaotyczny. Na poprzecznym przekroju przewodnika widać, że przepływają tamtędy ładunki. Jeżeli w danym czasie przepłynie ich więcej, to powiemy, że **natężenie prądu elektrycznego** jest większe. Taki sam efekt zaobserwujemy, gdy ten sam ładunek przepłynie w krótszym czasie.

Ćwiczenie 1

Na podstawie powyższego rysunku oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Zmniejszenie pola przekroju poprzecznego przewodnika powoduje zmniejszenie natężenia prądu.	☐	☐
Natężenie prądu zależy od pola powierzchni przekroju poprzecznego przewodnika.	☐	☐
Zmniejszenie pola przekroju poprzecznego przewodnika powoduje wzrost natężenia prądu.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Na podstawie tego, co napisaliśmy wyżej, możemy sformułować definicję natężenia prądu elektrycznego.

natężenie prądu elektrycznego

– stosunek ładunku, jaki w pewnym czasie przepływie przez poprzeczny przekrój przewodnika, do czasu tego przepływu.

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

gdzie:

I – natężenie prądu elektrycznego;

$q[\text{C}]$ – ładunek;

$t[\text{s}]$ – czas.

Jednostką natężenia jest **amper**, oznaczany literą „A”. Jeśli przez przewodnik płynie prąd o natężeniu 3 A, to znaczy, że w czasie 1 sekundy przez poprzeczny przekrój tego przewodnika przepływa ładunek równy 3 C. Nazwa jednostki natężenia pochodzi od nazwiska francuskiego fizyka André Ampère'a.

Amper jest dużą jednostką, dlatego najczęściej posługujemy się jej podwielokrotnościami:

$$1\text{mA} = 0,001\text{ A}$$

$$1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}$$

Dokładną definicję ampera poznasz w liceum. Jeżeli już teraz chcesz dowiedzieć się więcej o jednostce natężenia prądu, informacji na ten temat poszukaj w internecie.

Ciekawostka

André-Marie Ampère żył w latach 1775–1836. Uczył fizyki i chemii, interesował się matematyką. W 1826 r. opublikował ważną pracę dotyczącą elektryczności i magnetyzmu, w której to pracy znalazło się równanie opisujące siłę elektrodynamiczną. Równanie to nazywamy dziś prawem Ampère'a.



Nazwa jednostki natężenia prądu elektrycznego jeden amper (1 A) pochodzi od nazwiska André-Marie Ampère'a

2. Pomiar natężenia prądu elektrycznego

Do pomiaru natężenia prądu służy [amperomierz](#). Często stosuje się mierniki uniwersalne, którymi można zmierzyć różne wielkości fizyczne, w tym natężenie prądu.



A – amperomierz, B – miernik uniwersalny

Doświadczenie 1

Kształtowanie umiejętności posługiwania się miernikiem uniwersalnym – amperomierzem.

Co będzie potrzebne

- przewody;
- amperomierz;
- źródło prądu (np. baterie 1,5 V lub 4,5 V);
- żarówka.

Instrukcja

1. Połącz elementy obwodu.
2. Na mierniku ustaw opcję pomiaru natężenia prądu.
3. Wybierz odpowiedni zakres miernika.
4. Połącz miernik z obwodem.
5. Odczytaj wskazania miernika.
6. Powtórz pomiar natężenia dla drugiej baterii.

Wartości natężenia prądu można odczytać z tabliczek informacyjnych znajdujących się na odbiornikach energii elektrycznej lub w instrukcjach obsługi tych urządzeń. Poniżej znajduje się tabelka z przykładowymi wartościami natężenia.

Wartości natężenia prądu dla wybranych urządzeń

Urządzenie	Natężenie prądu
Pralka	10 A
Lodówka	0,65 A
Ekran telewizora z wyświetlaczem LCD	0,42 A
Ładowarka do baterii Li-ion	0,03 – 0,04 A

Polecenie 1

Z pomocą osoby dorosłej odczytaj natężenie prądu, który może przepływać przez urządzenia codziennego użytku (możesz też skorzystać z internetu). Wpisz odpowiednie wartości w poniższą tabelę.

Wartości natężenia prądu w wybranych urządzeniach

Urządzenie	Natężenie prądu
------------	-----------------

Ładowarka do telefonu komórkowego

Suszarka do włosów

Odkurzacz

Tu wpisz wybrane urządzenie:

.....

Urządzenie

Natężenie
prądu

Tu wpisz wybrane urządzenie:

.....

Tu wpisz wybrane urządzenie:

.....

W odbiornikach prądu elektrycznego używanych w domu natężenie prądu osiąga najczęściej nie więcej niż 10 A. Na miernikach uniwersalnych znajduje się dodatkowe gniazdo (port), do którego podłącza się przewód, gdy natężenie prądu jest większe niż 10 A.

Ćwiczenie 2

Przez przewodnik przepływa prąd o natężeniu 0,5 A. Ładunek, który przepłynie w tym czasie 1 sekundy przez przewodnik, jest równy

☐ 0,5 A.

☐ 0,5 C.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uzupełnij lukę. Pamiętaj, by jednostkę od wartości oddzielić spacją.

Przez przewodnik przepływa prąd o natężeniu 12 A. Ładunek, który przepłynie w tym czasie 1 minuty przez przewodnik, jest równy .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

3. Natężenie prądu elektrycznego – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Przez żarówkę latarki kieszonkowej w czasie 5 s przepłynął ładunek o wartości 500 mC. Oblicz natężenie prądu, który płynął przez żarówkę.

Rozwiązanie:

Aby obliczyć natężenie prądu, stosujemy wzór:

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

Podstawiamy dane liczbowe, przy czym pamiętamy o zamianie na jednostki podstawowe:

$$q = 500 \text{ mC} = 0,5 \text{ C}$$

$$I = \frac{0,5 \text{ C}}{5 \text{ s}} = 0,1 \text{ A}$$

Ćwiczenie 4

Przez grzałkę elektryczną w czasie 1 minuty przepłynął ładunek o wartości 120 C. Uzupełnij puste miejsca poniżej, wpisując dane liczbowe i wykonując obliczenia. Pamiętaj o poprzedzeniu jednostek wielkości fizycznych spacją.

Ładunek $q =$ przepłynął w czasie $t =$ min =

s. Natężenie prądu wynosiło:

$$I = \frac{\text{}}{\text{}} = \text{}.$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 2

Przez grzałkę czajnika elektrycznego przepływa prąd o natężeniu 750 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez grzałkę w czasie 5 minut.

Rozwiązanie:

Przekształcamy wzór na natężenie prądu, tak aby wyznaczyć ładunek:

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

$$I \cdot t = q$$

$$q = I \cdot t$$

Zapisujemy dane:

$$I = 750 \text{ mA} = 0,75 \text{ A}$$

$$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

Podstawiamy wartości do wzoru:

$$q = 0,75 \text{ A} \cdot 300 \text{ s} = 225 \text{ C}$$

Ćwiczenie 5

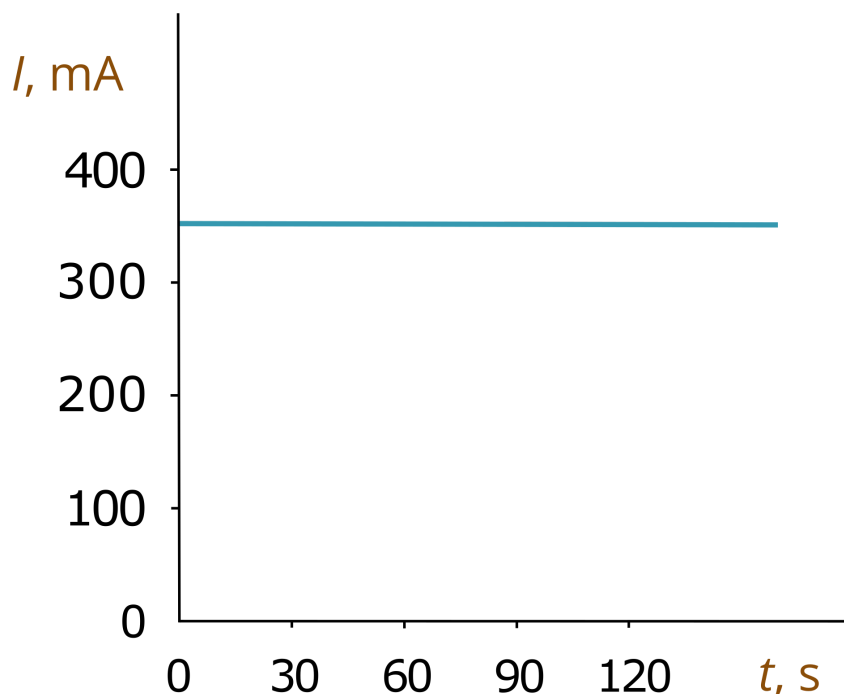
Przez żarówkę płynie prąd o natężeniu 50 mA. Oblicz ładunek, który przepłynie przez żarówkę w czasie 2 minut. Uzupełnij puste miejsca poniżej wpisując dane liczbowe i wykonując obliczenia. Pamiętaj o poprzedzeniu jednostek wielkości fizycznych spacją.

Natężenie prądu wynosiło $I =$ mA = A. Jeżeli czas przepływu prądu wynosił $t =$ min = s, to ładunek jaki przepłynął będzie równy

$$q = \text{} \cdot \text{} = \text{}.$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Na podstawie powyższego wykresu oblicz ładunek, jaki przepłynął przez obwód w czasie:

1. 30 sekund;
2. 1 minuty.

Wskazówka:

Ilość ładunku przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika można obliczyć jako pole figury znajdującej się pod wykresem zależności natężenia prądu od czasu.

Wynika to z zależności: $q = I \cdot t$, gdzie:

I – natężenie prądu;

t – czas przepływu ładunku.

Rozwiązanie (dla $t = 30$ s):

Z wykresu odczytujemy, że $I = 350 \text{ mA} = 0,35 \text{ A}$. Dla czasu $t_1 = 30 \text{ s}$ otrzymujemy:

$$q = 0,35 \text{ A} \cdot 30 \text{ s} = 10,5 \text{ C}$$

Odpowiedź:

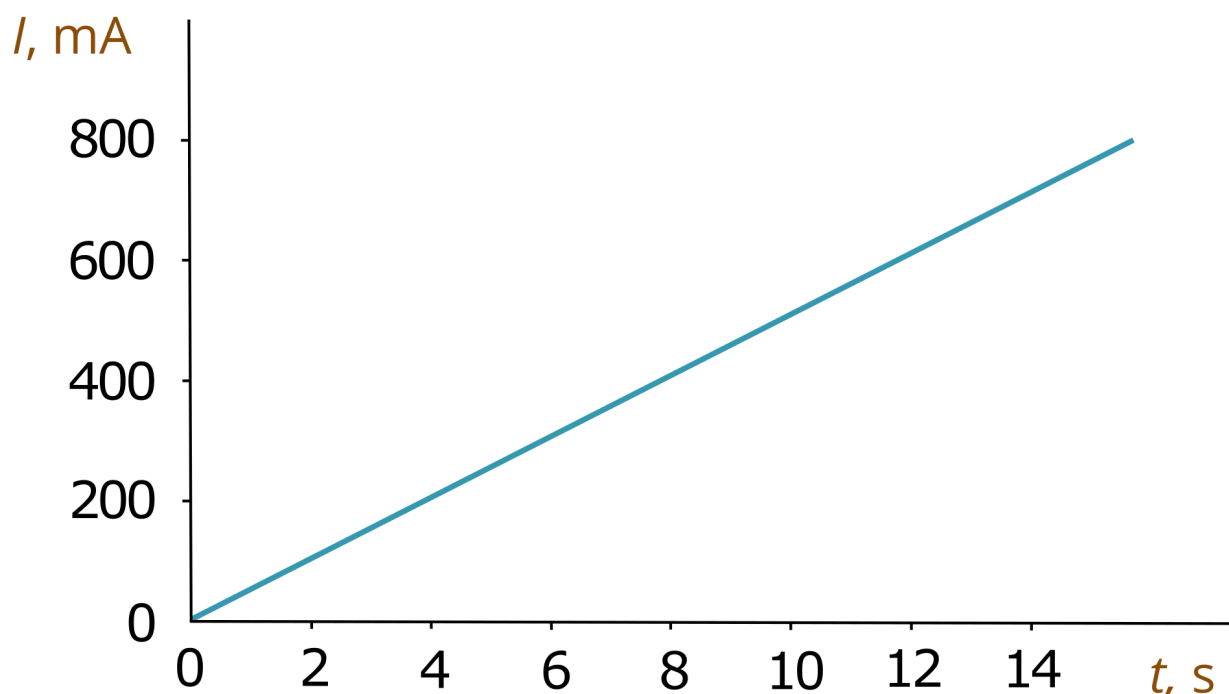
W czasie 30 sekund przez obwód przepłynął ładunek 1050 kulombów.

Rozwiązanie (dla $t = 1$ minuta):

Rozwiązanie jest analogiczne jak powyżej.

Odpowiedź :

$$q = 21 \text{ C}$$

Przykład 4

Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

Natężenie prądu czasami się zmienia. Na powyższym wykresie widzimy, że natężenie rośnie. W jaki sposób możemy obliczyć wartość ładunku, jaki przepłynął w danym czasie? Przypominacie sobie zapewne sposób, w jaki obliczaliście drogę przebytą przez ciało poruszające się z rosnącą prędkością. Droga była równa polu znajdującemu się pod

wykresem zależności prędkości od czasu. Teraz sytuacja jest bardzo podobna. Całkowity ładunek, jaki przepłynie przez przewodnik, będzie równy polu pod wykresem, ale tym razem będzie to pole nie prostokąta, lecz trójkąta.

Oblicz ładunek, jaki przepłynie w ciągu 8 s (rozważ sytuację przedstawioną na wykresie).

Rozwiązanie:

W momencie $t = 8$ s natężenie prądu odczytane z wykresu wynosi 400 mA. Ładunek będzie równy polu trójkąta o wysokości 400 mA i podstawie 8 s.

Dane:

$$h = 400 \text{ mA} = 0,4 \text{ A}$$

$$a = 8 \text{ s}$$

Obliczenia:

$$q = S = \frac{1}{2} a \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 8 \text{ s} \cdot 0,4 \text{ A} = 1,6 \text{ C}$$

Odpowiedź:

Całkowity ładunek, jaki przepłynął w czasie 8 s, wynosi 1,6 C.

Przykład 5

Przez silnik elektryczny elektrowozu płynie prąd o natężeniu 300 A. W jakim czasie przez ten silnik przepłynie ładunek 12 kC?

Rozwiązanie:

Przekształcamy wzór na natężenie prądu, tak aby wyznaczyć czas:

$$I = \frac{q}{t} / \cdot t$$

$$I \cdot t = q / : I$$

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

Wypisujemy dane:

$$I = 300 \text{ A}$$

$$q = 12 \text{ kC} = 12\,000 \text{ C}$$

Podstawiamy wartości do wzoru:

$$t = \frac{12000 \text{ C}}{300 \text{ A}} = 40 \text{ s}$$

Odpowiedź:

Ładunek 12 kC przepłynie przez silnik elektryczny w czasie 40 s.

Ćwiczenie 6

Uzupełnij lukę.

Przez żarówkę płynie prąd o natężeniu 600 mA. Czas, w jakim przepłynie ładunek 3,6 C jest równy s.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Natężenie prądu elektrycznego mierzymy przy użyciu amperomierza.
- Natężenie prądu elektrycznego obliczamy jako iloraz ładunku (q) i czasu (t), czyli za pomocą wzoru: $I = \frac{q}{t}$.

Praca domowa

Doświadczenie 2.1

Kształtowanie umiejętności posługiwania się miernikiem uniwersalnym – amperomierzem.

Co będzie potrzebne

- przewody, amperomierz – miernik uniwersalny;
- żarówka (z oświetlenia choinkowego);
- dwie cienkie blaszki metalu – aluminiowa i miedziana;
- cytryna (może być też jabłko lub kiszony ogórek).

Instrukcja

1. Przekrój cytrynę na pół.
2. Wbij w nią blaszki.
3. Do blaszek przyłóż żarówkę.
4. Sprawdź, czy żarówka się świeci.
5. Na mierniku wybierz pomiar natężenia prądu i ustaw odpowiedni zakres.
6. Podłącz amperomierz do blaszek.
7. Odczytaj wskazania miernika.

Wynik pomiarów i wnioski

Wynik
pomiarów:

.....

Wniosek:

.....

Polecenie 2.1

Poszukaj w różnych źródłach, czym jest bezpiecznik i jaką funkcję pełni on w instalacjach elektrycznych.

Słowniczek

amper (A)

– jednostka natężenia prądu elektrycznego.

amperomierz

– przyrząd służący do pomiaru natężenia prądu elektrycznego.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 7

Natężenie prądu obliczamy ze wzoru: $I = \frac{q}{t}$. Wybierz wzór, z którego skorzystasz do obliczenia czasu przepływu prądu (gdy znasz natężenie prądu i ładunek, jaki przepłynął).

☐ $I = \frac{q}{t}$

☐ $t = I \cdot q$

☐ $t = \frac{I}{q}$

☐ $t = \frac{q}{I}$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Oceń prawdziwość każdego zdania.

	Prawda	Fałsz
Przez odtwarzacz MP3 przepływa prąd o natężeniu 0,1 A. W czasie 2 minut przepływa przez niego ładunek 12 C.	☐	☐
Przez żarówkę latarki w czasie 100 sekund przepłynął ładunek równy 20 C. Natężenie prądu płynącego przez żarówkę było równe 20 mA.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Przez żarówkę przepłynął ładunek 4 razy większy niż ładunek, który przepłynął w tym czasie przez odtwarzacz MP3. Natężenie prądu płynącego przez żarówkę było w porównaniu z natężeniem prądu płynącego przez odtwarzacz MP3

☐ 2 razy większe.

☐ 4 razy większe.

☐ 2 razy mniejsze.

☐ 4 razy mniejsze.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Napięcie elektryczne

Z poprzedniej lekcji wiesz, że czynnikiem powodującym przepływ prądu jest napięcie elektryczne. Odgrywa ono rolę analogiczną do różnicy poziomów wody powodujących jej przepływ. Dzisiejsza lekcja przybliży ci to pojęcie. Część rozdziału poświęcimy także opisowi działania niektórych źródeł napięcia elektrycznego.



W Europie i większości państw świata w gniazdkach występuje napięcie 230 V. Jednak w USA, Japonii i niektórych krajach Ameryki Południowej obowiązuje standard 110 V. Różnice te (jak również odmienne standardy wtyczek) sprawiają problemy szczególnie turystom

Już potrafisz

- opisać chaotyczny ruch elektronów w przewodnikach, który staje się uporządkowany pod wpływem przyłożonego napięcia;
- obliczać natężenie prądu elektrycznego jako stosunek przenieszonego ładunku elektrycznego do czasu, w którym ten ładunek przepłynął przez badany przekrój poprzeczny przewodnika;
- opisać amperomierz jako przyrząd do pomiaru natężenia prądu.

Nauczysz się

- używać pojęcia napięcia elektrycznego;
- wymieniać źródła napięcia elektrycznego;
- opisać budowę i działanie ogniwa Volty;
- mierzyć napięcie elektryczne.

1. O przepływie prądu elektrycznego

Z poprzedniego rozdziału wiesz, że przepływ prądu to ukierunkowane przemieszczanie się ładunków (elektronów lub jonów). To dryf elektronów poruszających się ruchem chaotycznym. Ruch ten jest skutkiem przyłożonego napięcia. Ale czym jest napięcie elektryczne? Wyobraźmy sobie, że mamy dwie metalowe płytki oddalone od siebie: – jedna naładowana jest ładunkiem dodatnim, a druga – ujemnym. Ładunek dodatni oznacza, że płytka ma niedobór ładunków ujemnych (elektronów), a ładunek ujemny oznacza ich nadmiar.

Co się stanie, gdy obie płytki połączymy przewodnikiem, czyli ciałem, w którym znajdują się elektrony będące w ruchu? Płytką naładowaną ujemnie będzie odpychała elektrony w przewodniku, a płytka naładowana dodatnio będzie je przyciągała. Na elektrony w przewodniku będzie działała siła powodująca ich dryf. W przewodniku zatem zaczyna płynąć prąd elektryczny.

Trzeba jednak zwrócić uwagę na dwie sprawy. Z lekcji o dynamice wiesz, że jeżeli ciało uzyska jakąś prędkość, to powinno się ono poruszać tak długo, jak długo jakaś inna siła nie zmieni tego stanu. Czy zatem nie wystarczyłoby wprowadzić elektrony w dryf i potem odłączyć obie naładowane płytki?

Otóż nie – dryfujące elektrony będą zderzały się z atomami i elektronami swobodnymi w przewodniku, a więc będą traciły energię. W końcu prąd przestanie płynąć. Aby utrzymać przepływ prądu, musimy cały czas dostarczać energię elektronom w przewodniku.

Ponadto jeżeli ujemna płytka odepchnie elektrony w przewodniku, to ujemne ładunki z płytki wejdą na miejsce tych elektronów. Z kolei na drugim końcu przewodnika ujemne ładunki przejdą na dodatnio naładowaną płytkę. Po chwili obie płytki staną się obojętne elektrycznie. Napięcie elektryczne między nimi będzie równe zero, a prąd w przewodniku przestanie płynąć.

Napięcie elektryczne jest więc potrzebne cały czas: aby prąd mógł płynąć w obwodzie, źródło napięcia musi dostarczać energię dryfującym elektronom.

2. W którą stronę płynie prąd elektryczny?

Powyższe rozumowanie przedstawione pokazuje, że ruch ładunków ujemnych odbywa się od płytki naładowanej ujemnie do płytki naładowanej dodatnio. Kiedy jednak odkryto istnienie prądu elektrycznego, nie było wiadomo, co się porusza i jaki ładunek mają nośniki.

W końcu przyjęto, że poruszają się ładunki dodatnie i że prąd płynie od płytki dodatniej do ujemnej. Niektórzy z was na pewno uważają, że te założenia są błędne.

Otóż nie do końca; w przewodnikach prąd to ruch ładunków ujemnych, ale np. w cieczach i gazach mamy do czynienia z ruchem jonów zarówno ujemnych, jak i dodatnich. Jak się domyślacie, w cieczach i w gazach ładunki dodatnie będą płynęły w jedną stronę, a ładunki ujemne – w drugą. Dlatego w dalszym ciągu przyjmujemy, że prąd płynie od bieguna dodatniego do bieguna ujemnego.

3. Działanie ogniwa chemicznego

Skoro już wiesz, w jakich warunkach płynie prąd elektryczny, pozostaje zastanowić się, jak pozbyć się kłopotu opisanego wyżej, a polegającego na tym, że przepływ prądu spowoduje rozładowanie naszych dwóch płytek, napięcie spadnie do zera i prąd przestanie płynąć. Musimy w jakiś sposób podtrzymywać stan naładowania biegunów źródła napięcia. Z pomocą przyszły nam zjawiska chemiczne, w których dana substancja (stanowiąca tzw. elektrodę) reaguje z cieczą znajdującą się w naczyniu.

Jednym z pierwszych źródeł napięcia było ogniwo Volty (skonstruowane w 1800 r.).

Doświadczenie 1

Budowa ogniwa Volty.

Co będzie potrzebne

- zlewka;
- rozcieńczony kwas siarkowy;
- blaszka miedziana i cynkowa;
- żarówka;
- woltomierz.

Instrukcja

1. Do zlewki wypełnionej rozcieńczonym kwasem siarkowym włóż blaszki.
2. Umieścić je blisko siebie.
3. Za pomocą woltomierza sprawdź, która blaszka jest biegunem dodatnim ogniwa, a która – ujemnym.
4. Odłącz woltomierz i podłącz żarówkę. Sprawdź, czy napięcie jest wystarczające do tego, aby żarówka świeciła.

Podsumowanie

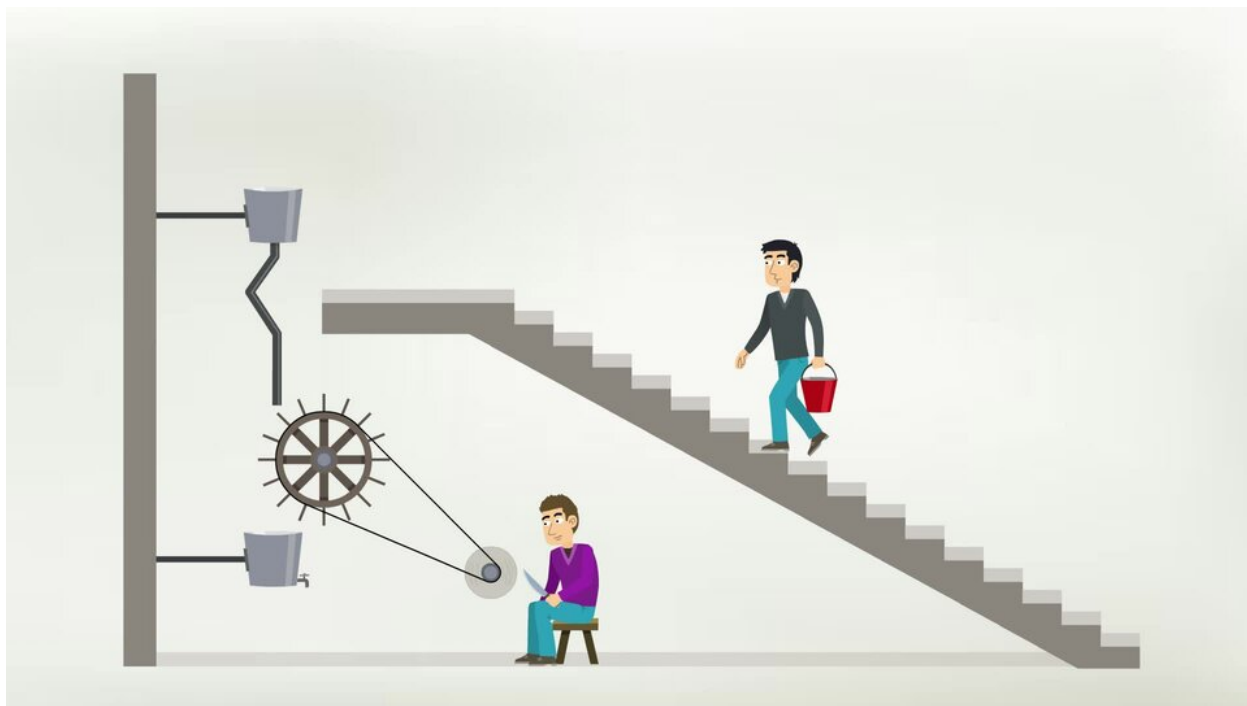
Podobne doświadczenie przeprowadził Alessandro Volta w 1800 r. Konstrukcja ogniwa nie jest taka skomplikowana, jak mogłoby się to wydawać na pierwszy rzut oka.

Szczegóły dotyczące reakcji miedzi i cynku z kwasem siarkowym poznaliscie na lekcjach chemii. Na razie wystarczy informacja, że cynk silnie reaguje z kwasem, w wyniku czego dodatkowo jony cynku przechodzą do roztworu (elektrolitu), a płytka cynkowa ładuje się ujemnie. W tym samym czasie jony dodatnie znajdujące się w roztworze odbierają ładunki ujemne z elektrody miedzianej. W efekcie ładuje się ona dodatnio. Między elektrodami wytwarza się napięcie elektryczne i po połączeniu obu elektrod przewodem płynie w nim prąd elektryczny. Istotne jest to, że w ogniwach z elektrodą cynkową następuje stopniowy ubytek materiału elektrody ujemnej. W wielu rodzajach ogniw (działających na podobnej zasadzie) elektroda ta stanowi obudowę całego ogniwa. Jeśli takie ogniwo jest długo trzymane w urządzeniu, elektrolit zaczyna wyciekać, co prowadzi często do uszkodzenia mechanizmu.

Ogniwa oraz baterie ogniw są urządzeniami jednorazowego użytku. Z kolei akumulatory to urządzenia, które odwracają proces przechodzenia jonów z elektrody do roztworu.

Napisaliśmy już, że aby utrzymać przepływ prądu, ogniwo musi dostarczać energię elektronom, które tracą ją w wyniku zderzeń z jonami metalu. Tracona energia powoduje szybszy ruch drgający jonów i większą amplitudę drgań. W efekcie przewódnik wydzielą ciepło, a nawet może zacząć świecić.

Skonstruuj obwód elektryczny składający się ze źródła napięcia (ogniwa lub baterii ogniw) i odbiornika (żarówki elektrycznej). Po zamknięciu obwodu zauważysz, że odbiornik wydzielą energię cieplną i światło. Żarówka nagrzewa się i świeci.

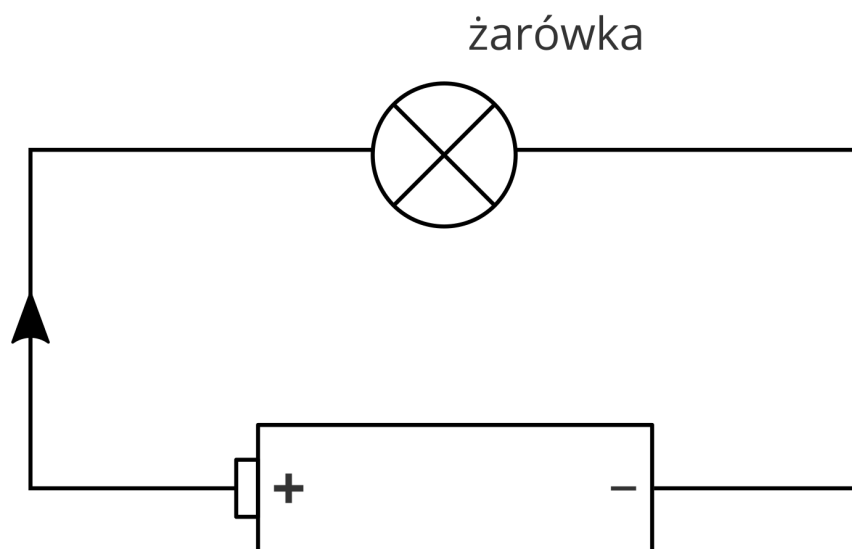


Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Przemiany energii podczas wnoszenia wiaderka z wodą na pewną wysokość i przemiany energii zachodzące w baterii są do siebie podobne

Mężczyzna wnosi wodę w wiadrze. Mężczyzna wylewa wodę z wiadra do pierwszego zbiornika. Woda spływa w rurze i napełnia drugi zbiornik. Gdy drugi zbiornik jest pełny, woda wylewa się z niego wprawiając w ruch koło. Z kolei koło wprawi w ruch kamień szlifierski.

Przeanalizujmy przemiany energii. Człowiek wnosząc wodę wykonuje pracę, a jej skutkiem jest wzrost energii potencjalnej wody. Woda tracąc zgromadzoną energię, spływa do koła zamachowego, które obraca kamień szlifierski. Kamień ostrzy nóż, który nagrzewa się w wyniku tarcia. Energia potencjalna wody została zamieniona na pracę użyteczną. Przy założeniu, że nie ma dodatkowych strat energii, praca wykonywana przez mężczyznę podczas wnoszenia wody i ta spożytkowana na naostrzenie noża wraz z emitowanym ciepłem są sobie równe.



Działanie ogniwa w obwodzie. Na jednej elektrodzie mamy nadmiar ładunków dodatnich (+), a na drugiej nadmiar ładunków ujemnych (-). Przyjmujemy umownie, że prąd płynie od bieguna dodatniego do ujemnego

W ogniwie elektrycznym energia chemiczna jest przetwarzana w energię elektryczną. To zagadnienie omówimy dokładniej podczas następnych lekcji.

Na co dzień używamy różnych rodzajów źródeł napięcia; wiele z nich to źródła przenośne.



Źródło: Anton Fomkin (<https://www.flickr.com>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 2.0.



Źródło: brudix (<https://pixabay.com/>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Evan-Amos (<http://commons.wikimedia.org>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

1. Ogniwo 1,5 V (tzw. paluszek).
2. Bateria składająca się z trzech ogniw o napięciu 1,5 V każde i dająca napięcie 4,5 V (tzw. bateria płaska).
3. Akumulator do telefonu komórkowego o napięciu 3,7 V (widok dwustronny).

Ciekawostka

Ogniwo galwaniczne.

Pod koniec XVIII wieku Włoch Luigi Galvani odkrył zjawisko, które nazwał „elektrycznością zwierzęcą”. Zaobserwował, że odpowiednio spreparowane żabie udko się kurczy na skutek dotknięcia go dwoma różnymi metalami, połączonymi ze sobą jednym końcem. W 1800 roku włoski fizyk Alessandro Volta zainspirowany tymi badaniami, skonstruował pierwsze użyteczne ogniwo elektryczne. Od nazwiska tego uczonego pochodzi nazwa jednostki napięcia elektrycznego w układzie SI, oznaczana literą „V”. Ogniwa zbudowane w układzie dwóch elektrod zanurzonych w elektrolicie określa się mianem ogniw galwanicznych. Baterie składają się z ogniw połączonych szeregowo lub równolegle.

Ćwiczenie 1

Przeczytaj poniższe zdania i oceń ich prawdziwość.

	Prawda	Fałsz
W ogniwie jest wytwarzana energia elektryczna.	☐	☐
W ogniwie energia chemiczna jest zamieniana na energię elektryczną ładunków.	☐	☐
Rzeczywisty i umowny kierunek przepływu prądu są zgodne.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Wewnątrz ogniwa znajduje się . Po zamknięciu obwodu elektrycznego .
Następuje wtedy .

nie zachodzą reakcje chemiczne

wytworzenie energii elektrycznej

elektron

ebonit

elektrolit

przemiana energii elektrycznej na chemiczną

zachodzą reakcje chemiczne

wytworzenie energii chemicznej

przemiana energii chemicznej na elektryczną

nie zachodzą żadne reakcje

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

4. Napięcie elektryczne i jego pomiar

Ogniwa, baterie lub akumulatory, czyli powszechnie stosowane źródła energii prądu stałego, zamieniają energię chemiczną na pracę związaną z przeniesieniem ładunku elektrycznego przez przewodnik. Wytworzone napięcie elektryczne powoduje, że ładunek jest przenoszony wzdłuż przewodnika.

napięcie elektryczne (U)

– napięcie (różnica potencjałów) między dwoma punktami przewodnika; jest równe stosunkowi pracy wykonanej podczas przenoszenia ładunku (q) między tymi punktami przewodnika do tego ładunku.

$$U = \frac{W}{q}$$

Jednostką napięcia elektrycznego w układzie SI jest **volt** (V):

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

Do pomiaru napięcia służy **woltomierz**, który do obwodu elektrycznego zawsze podłączamy równolegle. Wynika to z tego, że woltomierz najczęściej mierzy napięcie między końcami przewodnika.



Woltomierze: a) analogowy(tradycyjny) b) miernik uniwersalny (multimetr)

Doświadczenie 2

Nauka obsługi miernika uniwersalnego i doskonalenie umiejętności pomiaru napięcia.

Co będzie potrzebne

- miernik uniwersalny;
- przewody;
- ogniwo 1,5 V (tzw. paluszek),
- zużyte ogniwo 1,5 V (lub używane przez dłuższy czas);
- płytką miedzianą;
- płytką aluminiową;
- zaciski (tzw. krokodylki);
- żarówka (ze starego oświetlenia choinkowego, latarki lub roweru);
- jabłko (lub cytryna).

Instrukcja

1. Zapoznaj się z filmem przedstawiającym instrukcję obsługi woltomierza. Podłącz przewody do miernika i ustaw pokrętkę na odpowiednim zakresie.
2. Zmierz napięcie wytwarzane przez ogniwa i jabłko.
3. Porównaj odczytane wartości.

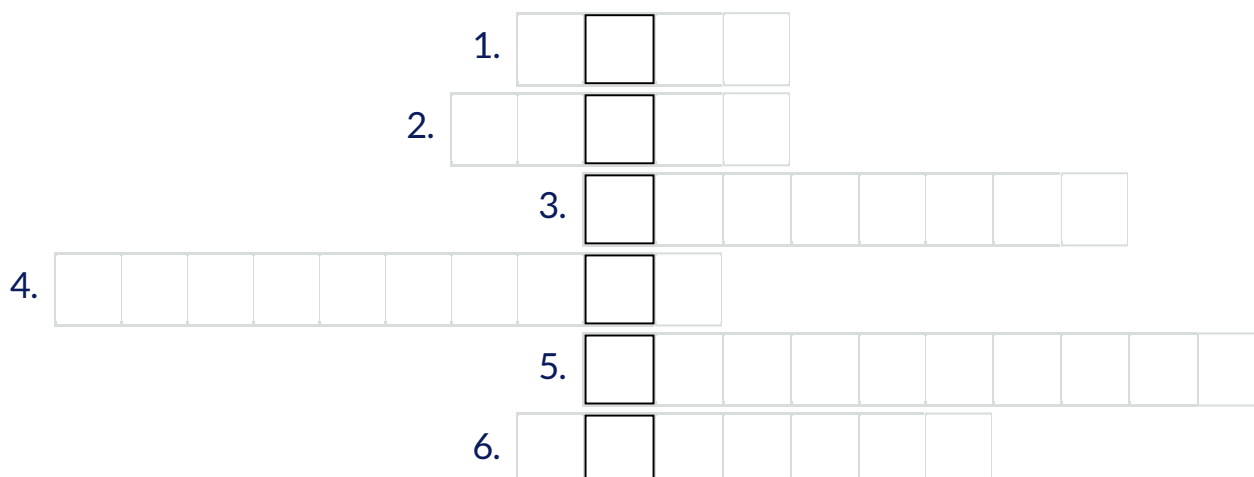
4. Wbij metalowe płytki w jabłko.
5. Zmierz napięcie między płytkami.
6. Zanotuj wartość zmierzonego napięcia.
7. Połącz końce żarówki z działającym ogniwnem, a następnie z płytkami wbitymi w jabłko.
8. Odnotuj swoje obserwacje.

Podsumowanie

Dzięki porównaniu wyników pomiarów napięcia wytwarzanego przez ogniwa i między płytkami wbitymi w jabłko udało ci się zaobserwować różnicę w odnotowanych wartościach. Napięcie wytworzone przez jabłko jest małe i nie wystarcza do tego, aby żarówka się zaświeciła.

Ćwiczenie 3

Rozwiąż krzyżówkę.



1. Jednostka napięcia elektrycznego.
2. Służy do pomiaru czasu.
3. Jest równe liczbowo pracy przy przenoszeniu ładunku 1 kulomba.
4. Roztwór kwasu lub zasady przewodzący prąd.
5. Przyrząd do pomiaru napięcia elektrycznego.
6. Jeden z biegunów baterii jest...

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij luki.

Aby zmierzyć , woltomierz trzeba włączyć do układu .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

1. Źródłami napięcia stałego są ogniwa, baterie lub akumulatory, które zamieniają energię reakcji chemicznych na energię elektryczną.
2. Jednym z pierwszych źródeł energii chemicznej było ogniwo Volty, skonstruowane w 1800 r.
3. **Napięcie elektryczne** U_{AB} jest równe pracy, jaką należy wykonać, aby przenieść ładunek jednostkowy (1 C) z jednego punktu przewodnika do drugiego: $U = \frac{W}{q}$.

4. Jednostką napięcia elektrycznego w układzie SI jest wolt (V); $1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$.

Wolt (1 V) odpowiada liczbowo pracy jednego dżula (1 J), która potrzebna jest do przeniesienia ładunku jednego kulomba (1 C) między dwoma punktami przewodnika.

5. Woltomierz jest przyrządem służącym do pomiaru napięcia elektrycznego między dwoma punktami. Do obwodu elektrycznego woltomierz włączamy równolegle.

Praca domowa

Polecenie 1.1

Wykonaj poniższe doświadczenie i opisz jego wynik.

Doświadczenie 3.1

Konstrukcja własnego źródła napięcia.

Co będzie potrzebne

- sól kuchenna;
- cola;
- szklanka (lub inne naczynie);
- kilka monet 5-groszowych;
- pasek folii aluminiowej;
- pasek papieru (ręcznik papierowy);
- nożyczki;
- ołówek;
- woltomierz (miernik uniwersalny).

Instrukcja

1. Do naczynia wsyp sól i nalej coli.
2. Poczekaj, aż cola przestanie się pienić.
3. Folię aluminiową i ręcznik papierowy złóż w wąskie paski.
4. Na przygotowanych paskach obrysuj monety, a następnie wytnij powstałe kółka.

5. Papierowe kółka nasącz solą z solą.
6. Na monecie połóż nasączony papier, a na nim umieść folię aluminiową.
7. Zmierz napięcie między monetą a folią aluminiową.
8. Ułóż kolejną warstwę (tj. moneta, papier, folia) i ponownie dokonaj pomiaru napięcia.
9. Powtórz czynność, tak aby uzyskać co najmniej pięć warstw.

Podsumowanie

Zapisz wyniki swoich pomiarów i odpowiedz na poniższe pytania.

1. Co wpływa na napięcie elektryczne, którego źródłem jest twoja bateria?
2. Co można zrobić, by twoja bateria była źródłem o wyższym napięciu elektrycznym?
3. Porównaj uzyskane napięcie z napięciem ogniw i baterii dostępnych w sklepie.

Polecenie 1.2

Oblicz napięcie źródła podłączonego do obwodu, jeżeli przeniesienie ładunku 5 C wymagało wykonania pracy o wartości 6 J.

Słowniczek

bateria elektryczna

– układ, najczęściej połączonych szeregowo, kilku lub kilkunastu ogniw.

elektrolit

– ciekły przewodnik, w którym przepływ prądu elektrycznego polega na ruchu jonów.

ogniwo elektryczne

– źródło napięcia stałego, które zamienia energię pochodzącą z reakcji chemicznych w energię elektryczną.

wolt (V)

– jednostka napięcia elektrycznego w układzie SI. Jeden wolt (1 V) odpowiada pracy jednego dżula (1 J), która potrzebna jest do przeniesienia ładunku jednego kulomba (1 C) między dwoma punktami przewodnika.

woltomierz

– przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego.

Biogram



Źródło: Luigi Chiesa (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

Alessandro Volta

18.02.1745–5.03.1827

Włoski fizyk i wynalazca, odkrywca metanu, konstruktor elektroskopu i pierwszego kondensatora, profesor uniwersytetu w Pawii. W 1800 r. zaprezentował ogniwo, które nazwano ogniwem Volty.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 5

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Oceń prawdziwość poniższych zdań oraz wzoru.

	Prawda	Fałsz
Napięcie równe 4 V oznacza, że przy przenoszeniu ładunku 1 C została wykonana praca 4 J.	☐	☐
$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$	☐	☐
Jednostką napięcia elektrycznego jest amper (A).	☐	☐
W ogniwie następuje przemiana energii elektrycznej w energię chemiczną.	☐	☐

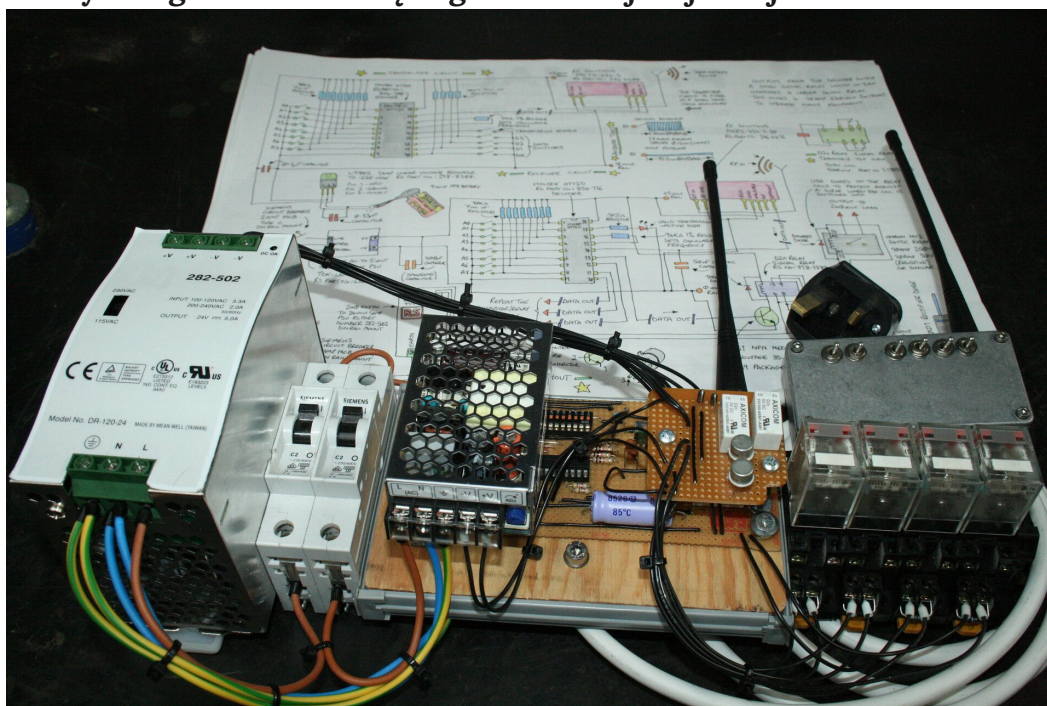
Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Badanie zależności między natężeniem prądu a napięciem elektrycznym w obwodzie

W praktyce wykorzystujemy różne elementy, przez które płynie prąd elektryczny. Wiele z tych urządzeń produkujemy w bardzo dużych ilościach. Niektóre elementy takich urządzeń są bardzo duże, dlatego bardzo często używamy oznaczeń schematycznych. Dzięki temu nawet skomplikowany układ będzie można przedstawić na niewielkiej kartce. Umiejętność rysowania schematów jest istotna przy badaniu zależności pomiędzy wielkościami opisującymi obwód elektryczny. Jak wyglądają schematyczne oznaczenia różnych elementów i jak zbadać zależność natężenia prądu od napięcia elektrycznego? Dowiesz się tego na dzisiejszej lekcji.



Schematy elektryczne stanowią graficzny, formalny i bardzo szczegółowy opis urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Dzięki temu każdy, kto jest zaznajomiony ze stosowanymi w takich schematach oznaczeniami jest w stanie samodzielnie zbudować dane urządzenie, nawet jeśli zostało ono zaprojektowane przez kogoś innego

Już potrafisz

- podawać znaczenie pojęć „napięcie elektryczne” i „natężenie prądu elektrycznego”;
- podać jednostkę natężenia prądu elektrycznego – amper (A);
- podać jednostkę napięcia elektrycznego – wolt (V);
- opisać amperomierz jako przyrząd służący do pomiaru natężenia prądu elektrycznego, a woltomierz – jako przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego;
- opisać ogniwa, baterie oraz akumulatory jako źródła napięcia elektrycznego.

Nauczysz się

- przedstawiać wybrane elementy obwodów elektrycznych (ogniwo, opornik, żarówkę, wyłącznik, amperomierz i woltomierz) przy użyciu symboli graficznych;
- poprawnie odczytywać i rysować schematy prostych obwodów elektrycznych;
- budować obwody elektryczne zgodnie z danymi schematami;
- zbudować obwód do badania zależności natężenia prądu płynącego przez odcinek obwodu (opornik) od napięcia między końcami tego odcinka i wykonać doświadczalnie badanie tej zależności.

1. Symbole wybranych elementów obwodu elektrycznego

Każde urządzenie elektryczne to połączony układ zespołów, podzespołów lub elementów elektrycznych (elektronicznych), które wyznaczają zamkniętą drogę przepływu prądu elektrycznego, nazywaną **obwodem**.

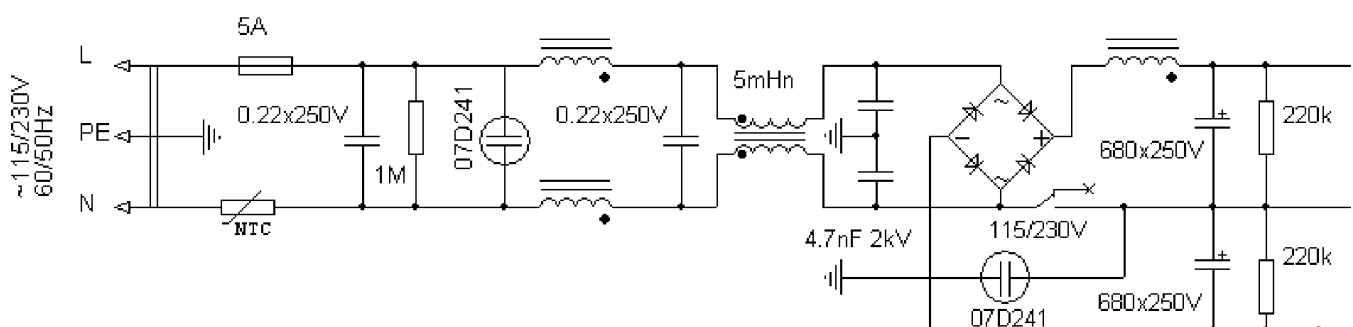
obwód elektryczny

- układ elementów (przewodów, źródeł napięć, odbiorników, wyłączników) połączonych w taki sposób, aby umożliwić przepływ prądu elektrycznego.

Aby układ elektryczny spełniał swoje zadania, musi zostać wcześniej odpowiednio zaprojektowany. Najpierw rysuje się schemat takiego obwodu, a następnie oblicza jego parametry. Gdy nastąpi awaria i układ przestanie działać prawidłowo, dzięki schematycznym rysunkom przedstawiającym elementy obwodu będzie można usunąć uszkodzenie. Układ zobrazowany za pomocą symboli graficznych nazywamy **schematem obwodu elektrycznego**.

schemat obwodu elektrycznego

- odwzorowanie obwodu elektrycznego za pomocą symboli graficznych.



Schemat budowy zasilacza

Za pomocą symboli graficznych możemy opisać budowę i przeznaczenie elementów **obwodu elektrycznego**. Schematy są niezwykle przydatne, gdyż słowny opis budowy

i zasady działania byłyby zdecydowanie dłuższy niż jednostronicowy schemat. Dla osób, które nie potrafią poprawnie odczytać schematów, są one trudne do zrozumienia. Elektromonterzy czy elektrycy bez trudu dają sobie radę z interpretacją schematów – bez nich budowanie układów elektronicznych, naprawa urządzeń lub ich konserwacja byłyby bardzo trudne.

Nie wszystkie schematy obwodów elektrycznych są tak skomplikowane jak schemat zasilacza. Tak naprawdę wszystko zależy od złożoności urządzenia. W poniższej tabeli przedstawiono symbole graficzne elementów niezbędnych do sporządzenia schematów prostych obwodów elektrycznych.

	włącznik otwarty		włącznik zamknięty
	ogniwo		przewód
	żarówka		opornik
	amperomierz		woltomierz

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Zapamiętaj!

Woltomierz włączamy równolegle do elementu obwodu, ponieważ tym urządzeniem mierzymy napięcie między końcami elementu. Amperomierz włączamy szeregowo, ponieważ natężenie prądu jest jednakowe w każdym punkcie układu szeregowego. Jeżeli w obwodzie znajdują się trzy oporniki połączone szeregowo, to niezależnie od tego, gdzie włączymy amperomierz (przed pierwszym z nich, między pierwszym a drugim, między drugim a trzecim czy za trzecim) natężenie prądu będzie takie samo.

Polecenie 1

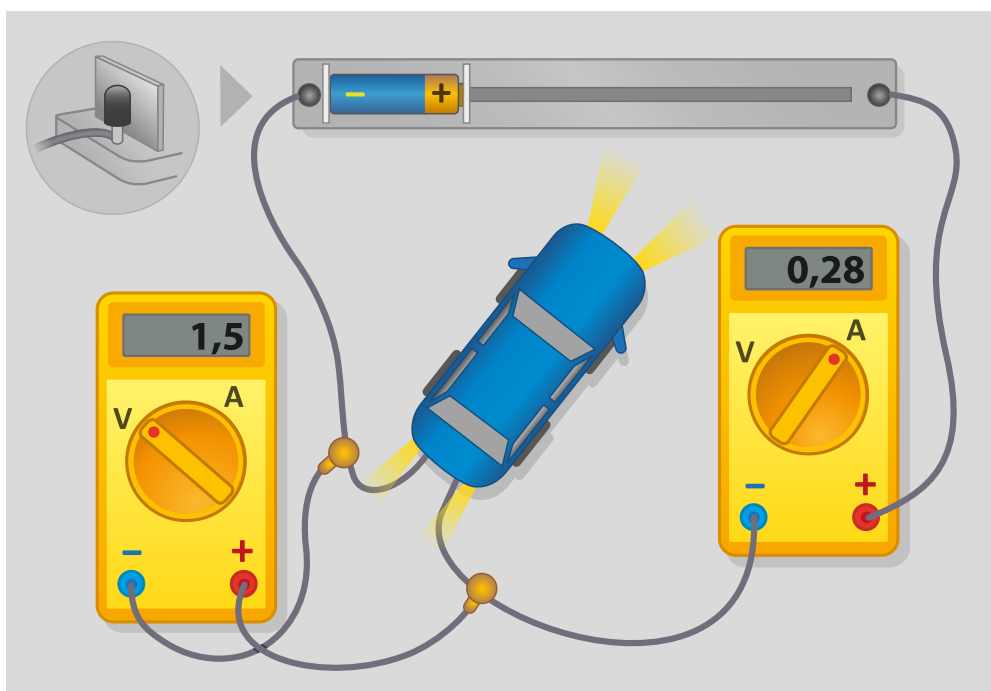
Dlaczego natężenie prądu w układzie szeregowym będzie wszędzie takie samo? Co by się stało, gdyby natężenia były różne?

Polecenie 2

Rozejrzyj się po klasie, w której odbywa się lekcja. Zidentyfikuj jak najwięcej elementów obwodów elektrycznych.

Polecenie 3

Narysuj schemat obwodu elektrycznego, który jest zgodny z rysunkiem poniżej.



Źródło: Anna Jasnos, licencja: CC BY 3.0.

Wśród symboli graficznych przedstawiających elementy obwodów elektrycznych nie znajdziemy symbolu żadnego urządzenia. Czasami jednak trzeba je uwzględnić w schemacie – tak jak np. w powyższym ćwiczeniu. Wówczas możemy narysować dane urządzenie według własnego uznania. Pamiętajmy jednak, że nasz rysunek powinien być czytelny i jednoznaczny.

2. Badanie zależności natężenia prądu płynącego przez opornik od napięcia elektrycznego między jego końcami

Doświadczenie 1

Na schemacie woltomierz jest podłączony do opornika równolegle, a amperomierz – szeregowo (wraz z innymi elementami obwodu).

Problem badawczy

Czy istnieje związek między wartością napięcia elektrycznego między końcami opornika a wartością natężenia prądu który w nim płynie?

Hipoteza

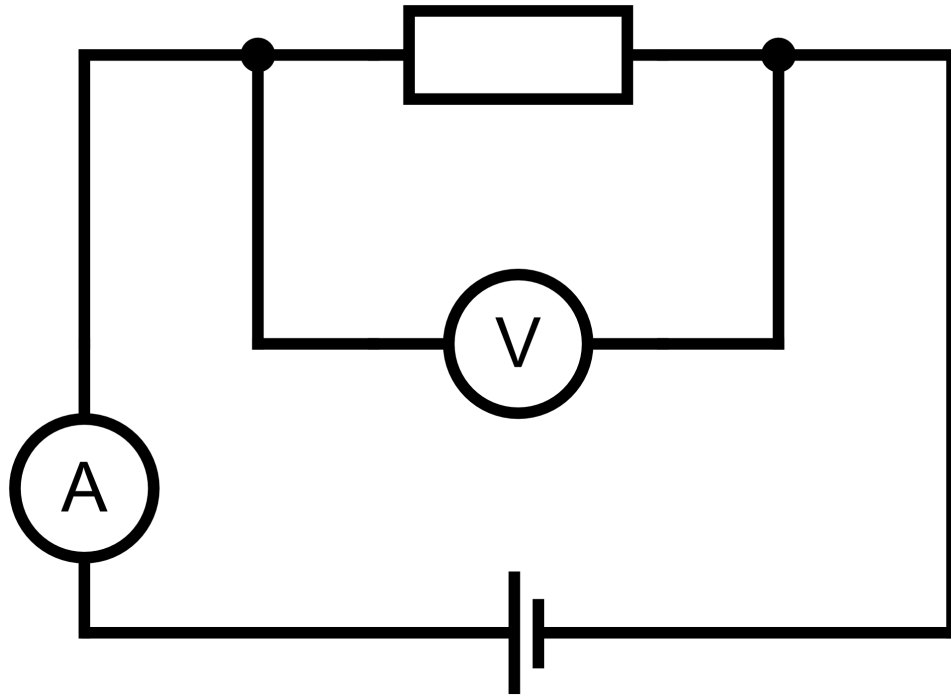
Natężenie prądu przepływającego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia elektrycznego mierzonego na jego końcach.

Co będzie potrzebne

- przewody;
- zaciski (lub taśma samoprzylepna);
- cztery ogniwa o takim samym napięciu elektrycznym, np. baterie; w klasie możesz skorzystać z zasilacza laboratoryjnego o regulowanym napięciu wyjściowym. Możesz wtedy wykonać więcej niż 4 pomiary;
- miernik uniwersalny (amperomierz i woltomierz analogowy);
- odbiornik prądu elektrycznego – kilkusetomowy opornik lub opornica suwakowa.

Instrukcja

1. Zbuduj obwód elektryczny zgodnie z poniższym schematem.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

2. Zanotuj zmierzone wartości napięcia i natężenia prądu elektrycznego.
3. Dołączaj do obwodu kolejne baterie, powtarzaj pomiary i zapisuj wyniki.
4. Przerysuj poniższą tabelę do zeszytu i ją uzupełnij.

Zależność napięcia od natężenia prądu

1. pomiar

2. pomiar

3. pomiar

4. pomiar

$U[V]$

$$I[\text{A}]$$

$$\frac{U[\Omega]}{I}$$

Polecenie 4

W zeszycie napisz podsumowanie doświadczenia. Porównaj ze sobą wyniki zapisane w ostatnim wierszu tabelki. Jaki nasuwa się wniosek? Sporządź w zeszycie wykres: na osi poziomej odłóż wartość napięcia elektrycznego (U), a na osi pionowej – wartość natężenia (I). Jakich jednostek użyjesz do oznaczenia osi poziomej, a jakich – do oznaczenia osi pionowej? Pamiętaj o tym, że każdy pomiar jest obarczony niepewnością, zatem nie można rysować linii łączącej od punktu do punktu.

Ćwiczenie 1

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Zwiększanie liczby ogniw spowodowało, że woltomierz wskazywał proporcjonalnie coraz wartości napięcia. Wskazania amperomierza były . Można, zatem stwierdzić, że natężenie prądu jest do napięcia.

proporcjonalnie większe

odwrotnie proporcjonalne

proporcjonalnie mniejsze

stałe

większe

mniejsze

wprost proporcjonalne

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Zapamiętaj!

Zależność, w której wzrost jednej wielkości pociąga za sobą proporcjonalny wzrost drugiej, nazywamy zależnością wprost proporcjonalną.

Dane zapisane w tabelce i sporządzony wykres zależności natężenia od napięcia wskazują na to, że natężenie prądu elektrycznego przepływającego przez odbiornik jest wprost proporcjonalne do napięcia mierzonego na jego końcach. Za pomocą pomiarów fizycy udowodnili prawdziwość tej tezy. Jednym z nich był Georg Ohm – od jego nazwiska stwierdzenie to nazywamy prawem Ohma. Więcej na ten temat dowiesz się z kolejnej lekcji.

Podsumowanie

- **Obwody elektryczne** to układy elementów (przewodów, źródeł napięć, odbiorników, wyłączników) połączone w taki sposób, aby umożliwić przepływ prądu elektrycznego.
- **Amperomierz** to przyrząd służący do pomiaru natężenia prądu elektrycznego; do obwodów włączany jest szeregowo.
- **Woltomierz** to przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego; do obwodów włączany jest równolegle.
- Prąd może płynąć tylko w zamkniętych obwodach elektrycznych.
- **Schemat obwodu elektrycznego** to szkic wykonany za pomocą [symboli graficznych](#), pozwalający przedstawić wszystkie elementy obwodu elektrycznego i ich połączenia.
- Natężenie prądu elektrycznego przepływającego przez odbiornik jest wprost proporcjonalne do napięcia elektrycznego mierzonego między jego końcami.

Praca domowa

Polecenie 5.1

Sporządź schemat obwodu elektrycznego latarki kieszonkowej.

Polecenie 5.2

Narysuj schemat układu, w którym dwa oporniki są połączone szeregowo z żarówką i ogniwem. Do końców żarówki jest podłączony woltomierz. Amperomierz znajduje się między dwoma opornikami. Jak zmieni się wskazanie amperomierza, jeżeli włączymy go między dwoma opornikami a żarówką? Dlaczego?

Słowniczek

bateria

– układ ogniw połączonych najczęściej szeregowo.

ogniwo chemiczne

– układ złożony z dwóch elektrod umieszczonych w elektrolicie, który zamienia energię chemiczną w elektryczną.

woltomierz

– przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego; do obwodu włączany jest równolegle.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 2

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Prawo Ohma i opór elektryczny

Z ostatniej lekcji wiesz, że natężenie prądu płynącego przez opornik jest wprost proporcjonalne do napięcia między końcami tego opornika. Dzisiaj zajmiemy się bardziej szczegółowym opisem tej zależności. Odpowiemy także na pytanie, od czego zależy opór przewodnika.



Sieci energetyczne przysyłają prąd elektryczny o napięciu kilkaset razy wyższym, niż obecne w znanych nam gniazdkach elektrycznych. Ma to na celu zminimalizowanie strat energii powodowanych przez opór przewodów elektrycznych

Już potrafisz

- opisać ruch elektronów w przewodniku, odbywający się pod wpływem przyłożonego napięcia;
- podać znaczenie pojęć „napięcie elektryczne” i „natężenie prądu elektrycznego”;
- podać jednostkę natężenia prądu elektrycznego – amper (A);
- podać jednostkę napięcia elektrycznego – wolt (V);
- opisać amperomierz jako przyrząd służący do pomiaru natężenia prądu elektrycznego, a woltomierz – jako przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego;
- opisać ogniwa, baterie oraz akumulatory jako źródła napięcia elektrycznego.

Nauczysz się

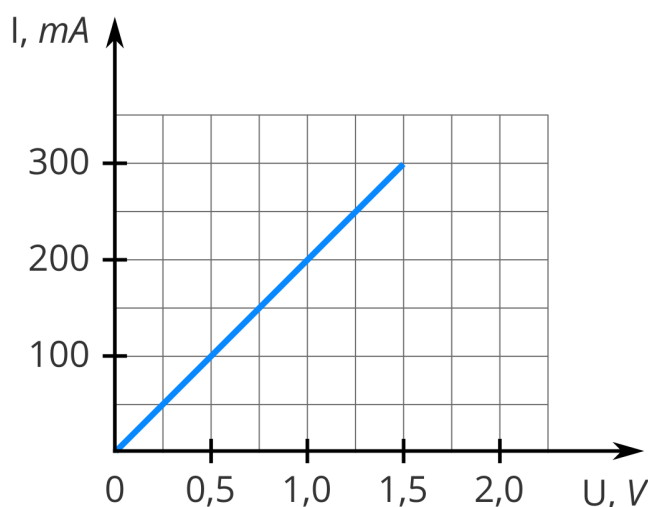
- podawać treść prawa Ohma;
- używać pojęć „opór elektryczny” i „opór właściwy”;
- korzystać z zależności między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym;
- korzystać z zależności między jednostką oporu elektrycznego – omem (Ω) – a jej wielokrotnościami;

- opisywać wpływ długości, pola przekroju i rodzaju materiału przewodnika na jego opór.

1. Prawo Ohma

Jeżeli między końcami obwodu lub pojedynczego elementu podłączysz napięcie elektryczne, to popłynie tamtędy prąd. Na poprzedniej lekcji badaliśmy, jak zależy natężenie tego prądu od przyłożonego napięcia.

Czy między napięciem a natężeniem prądu płynącego przez odbiornik istnieje jakaś zależność? Na podstawie wykonanego doświadczenia można stwierdzić, że tak. Wyniki pomiarów wskazują, że wzrost napięcia np. dwa razy wpływa na równoczesny wzrost natężenia prądu tyle samo razy – obie wielkości fizyczne są do siebie wielkościami wprost proporcjonalnymi. Widać to również na poniższym wykresie:



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Prawo: prawo Ohma

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego między jego końcami.

Tę zależność zapisujemy w postaci wzoru:

$$I = \frac{U}{R}$$

Ciekawostka

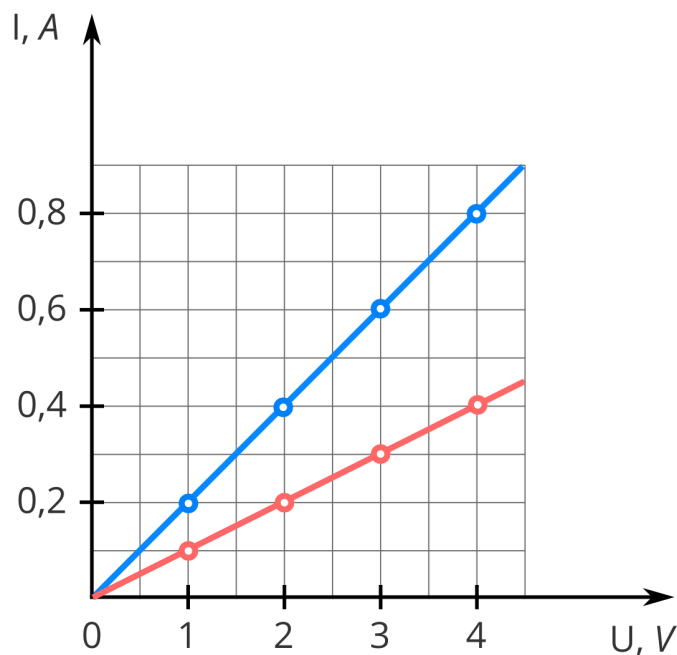
Georg Ohm (1789–1854) był niemieckim nauczycielem fizyki i profesorem matematyki na politechnice w Norymberdze, a potem na uniwersytecie w Monachium. W 1826 r. przeprowadził doświadczenie, na podstawie którego sformułował następujące prawo: natężenie prądu elektrycznego przepływającego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego między jego końcami.



Odkrywca zależności między natężeniem przepływającego prądu przez przewodnik a napięciem na jego końcach

Prawo Ohma nie jest jednak spełnione dla wszystkich przewodników. Jeżeli chcesz się o tym przekonać, wykonaj doświadczenie opisane w zadaniu domowym (zamiast opornika jest żarówka).

Zastanów się, czy wymiana elementu obwodu elektrycznego spowoduje jakieś zmiany. Załóżmy, że wykonamy pomiary dla dwóch różnych oporników i wyznaczymy natężenie prądu płynącego przez każdy z nich. Wynik jest przedstawiony na poniższym wykresie:



Wykresy zależności natężenia prądu od napięcia elektrycznego między końcami dwóch przewodników

Zmiana elementu obwodu elektrycznego spowodowała zmianę widoczną na wykresie. Od czego zależy nachylenie linii oznaczających opór? Skorzystajmy z prawa Ohma:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R} \cdot U$$

Z tego wynika, że $R = \frac{U}{I}$.

Aby obliczyć wartości R_1 i R_2 , wartość napięcia musimy podzielić przez odpowiadające mu natężenie prądu.

$$R_1 = \frac{1 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 5 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 10 \Omega$$

Jak widać, wartości współczynników są różne. Jeżeli taką samą wartość napięcia przyłożymy do końców opornika o małym oporze, to będzie tamtędy płynął prąd o większym natężeniu. Symbolizująca taki opornik na wykresie linia będzie bardziej stroma.

Miarą oporu elektrycznego obwodu jest stosunek (iloraz) napięcia elektrycznego między końcami opornika do natężenia płynącego w nim prądu.

$$R = \frac{U}{I}$$

Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest **om**, oznaczany symbolem Ω (grecka litera omega). Wynika z tego, że na powyższym wykresie opór R_1 będzie równy 5Ω , a $R_2 - 10 \Omega$.

om (Ω)

- 1 om to opór przewodnika, w którym przy napięciu 1 V płynie prąd o natężeniu 1 A.

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Ciekawostka

Od czego zależy opór?

Zastanówmy się najpierw, skąd bierze się opór elektryczny. Na początku tego rozdziału pisaliśmy, że ładunki elektryczne poruszają się pod wpływem przyłożonego napięcia, zderzają się z atomami i oddają im swoją energię. Dlatego napięcie elektryczne musi być przyłożone cały czas. Opór elektryczny wynika właśnie z przeciwdziałania przepływowi prądu przez element obwodu elektrycznego. Jest dość oczywiste, że im przewodnik będzie dłuższy, tym liczba zderzeń będzie większa. Innym parametrem przewodnika jest jego grubość, a dokładnie – pole jego przekroju. Jeżeli napięcie będzie cały czas takie samo, to w tym samym czasie przez przewodnik o większym polu przekroju popłynie większy ładunek, a zatem natężenie prądu będzie większe, a opór przewodnika – mniejszy.

Opór elektryczny zależy także od rodzaju materiału, z którego wykonano dany element. Każdy materiał ma określony opór właściwy.

Opór elektryczny przewodnika zależy od: oporu właściwego (ρ), długości przewodnika (l) i pola jego przekroju poprzecznego (S):

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

2. Prawo Ohma i opór elektryczny – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Przez żarówkę o oporze 1150Ω płynie prąd o natężeniu $0,2 \text{ A}$. Oblicz wartość napięcia przyłożonego do żarówki.

Rozwiązanie:

Korzystamy z prawa Ohma:

$$I = \frac{U}{R}$$

Z tego wynika, że $U = I \cdot R$.

Dane:

$$R = 1150 \Omega$$

$$I = 0,2 \text{ A}$$

Szukane:

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U = 1150 \, \Omega \cdot 0,2 \, \text{A} = 230 \, \text{V}$$

Odpowiedź:

Napięcie przyłożone do żarówki wynosi 230 V.

Ćwiczenie 1

Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe.

Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych w miejscach, gdzie jest to konieczne oraz oddzieleniu jednostki od wartości spacją.

Przez żarówkę latarki kieszonkowej o oporze $45 \, \Omega$ przepływa prąd o natężeniu $0,1 \, \text{A}$. Oblicz wartość napięcia, do którego podłączono żarówkę.

Rozwiązanie:

Wzór

$$\boxed{} = R \cdot \boxed{}$$

Dane:

$$\boxed{} = \boxed{} \, \Omega$$

$$\boxed{} = \boxed{}$$

Szukane:

$$\boxed{} = ?$$

Obliczenia:

$$\boxed{} = \boxed{} \, \Omega \cdot \boxed{} = \boxed{}$$

Odpowiedź:

Do końców żarówek podłączono napięcie równe $\boxed{}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 2

Przez grzałkę czajnika elektrycznego włączonego do napięcia $230 \, \text{V}$ przepływa prąd o natężeniu $250 \, \text{mA}$. Oblicz, ile wynosi opór elektryczny grzałki.

Rozwiązanie:

$$U = R \cdot I / : I$$

$$R = \frac{U}{I}$$

Dane:

$$I = 250 \text{ mA} = 0,25 \text{ A}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$R = \frac{230 \text{ V}}{0,25 \text{ A}} = 920 \Omega$$

Odpowiedź:

Opór grzałki jest równy 920 Ω .

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe. Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych i oddzieleniu ich od wartości spacją.

Jeśli żarówka jest podłączona na napięcia 12 V, to płynie przez nią prąd o natężeniu 240 mA.

Oblicz opór tej żarówki.

Dane:

$$U = \text{ } ,$$

$$I = \text{ mA} = \text{ A}.$$

Szukane:

$$R = ?$$

Wzór:

$$R = \text{ } : \text{ }$$

Obliczenia:

$$R = \text{ } : \text{ } = \text{ } \Omega.$$

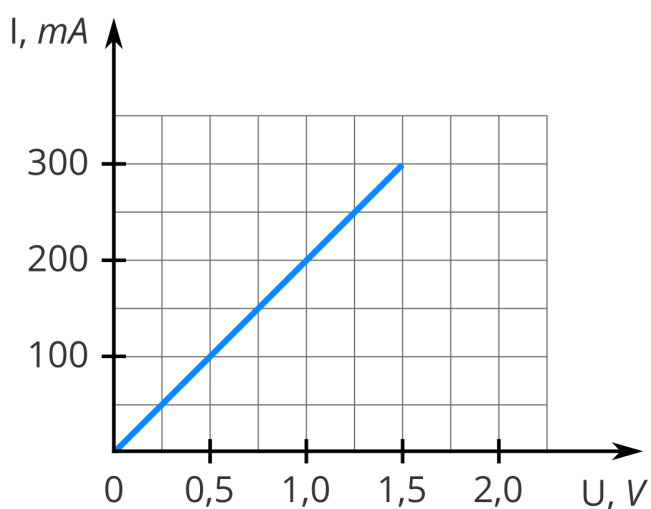
Odpowiedź:

Opór żarówki jest równy $\text{ } \Omega$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

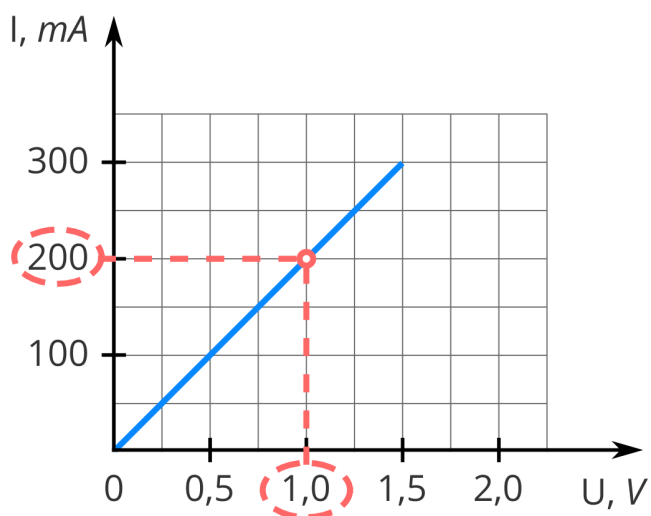
Przykład 3

Na podstawie poniższego wykresu oblicz opór elektryczny odbiornika.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Wskazówka: Wybierz dowolny punkt leżący na niebieskiej linii.



Wybieramy jeden dowolny punkt należący do wykresu

Rozwiązanie:

Aby wyznaczyć wartość oporu elektrycznego, należy znać natężenie prądu płynącego przez odbiornik oraz wartość napięcia elektrycznego.

Wzór:

$$R = \frac{U}{I}$$

Dane (odczytane z wykresu):

$$U = 1,0 \text{ V} = 1 \text{ V}$$

$$I = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$R = \frac{1 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 5 \Omega$$

Odpowiedź:

Opór elektryczny odbiornika wynosi 5Ω .

Uwaga: sprawdź, czy wybór innego punktu wykresu zmieni wyznaczoną wartość oporu.

Ćwiczenie 3

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 4

Kalkulator jest zasilany baterią $4,5 \text{ V}$. Oblicz natężenie prądu płynącego przez kalkulator, jeśli opór wynosi $22,5 \Omega$.

Wzór:

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Dane:

$$R = 22,5 \Omega$$

$$U = 4,5 \text{ V}$$

Szukane:

$$I = ?$$

Obliczenia:

$$I = \frac{4,5 \text{ V}}{22,5 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

Odpowiedź:

Przez kalkulator płynie prąd o natężeniu $0,2 \text{ A}$.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij puste miejsca wpisując dane liczbowe. Pamiętaj o wpisaniu jednostek wielkości fizycznych i oddzieleniu ich od wartości liczbowych spacją.

Samochód zabawka jest zasilany bateriami o łącznym napięciu 9 V. Oblicz natężenie prądu płynącego przez samochodzik jeśli, jego opór elektryczny wynosi 360 Ω .

Dane: $U =$

$R =$ Ω

Szukane:

$I = ?$

Wzór:

$I =$:

Obliczenia:

$I =$: $\Omega =$

Odpowiedź:

Natężenie jest równe .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Natężenie prądu (I) jest wprost proporcjonalne do napięcia (U) przyłożonego do końców przewodnika. Zależność tę nazywamy prawem Ohma i zapisujemy w postaci wzoru:
 $I = \frac{U}{R}$, gdzie R – opór elektryczny, U – napięcie prądu.
- Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest om (Ω):
 $1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$.

Praca domowa

Polecenie 1.1

Wyszukaj informacje dotyczące oporu elektrycznego w ciele człowieka. Znaną wartość porównaj z oporem elektrycznym różnych urządzeń.

Polecenie 1.2

Poszukaj informacji na temat skutków przepływu prądu przez organizm człowieka. Wypisz po trzy skutki pozytywne i negatywne.

Polecenie 1.3

Razem z innymi uczniami zbadajcie, czy natężenie prądu elektrycznego płynącego przez żarówkę zależy od napięcia między jej końcami. Warto użyć starej żarówki choinkowej, która jest przeznaczona do pracy przy napięciu 14 V (koniecznie sprawdźcie oznaczenia na oprawce). Dla każdej pary napięcia U i natężenia I obliczcie stosunek U do I . Pamiętaj, aby pomiary wykonać dla napięć w zakresie od 1 V do 14 V (lub do maksymalnej wartości napięcia znamionowego żarówki). Sporządźcie także wykres zależności natężenia od napięcia między końcami żarówki. Przeanalizujcie wyniki i odpowiedzcie na pytanie: Czy żarówka spełnia prawo Ohma? Jaki wniosek wynika z analizy stosunku napięcia do natężenia?

Słowniczek

miara oporu elektrycznego

– stosunek napięcia do natężenia prądu.

opór właściwy

– wielkość charakterystyczna dla danej substancji.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 5

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Natężenie prądu elektrycznego jest wprost proporcjonalne do , a odwrotnie proporcjonalne do . Jednostką oporu elektrycznego jest .

wolt (V)

oporu właściwego przewodnika

oporu elektrycznego

napięcia przyłożonego między końcami przewodnika

napięcia przyłożonego między końcami przewodnika

amper(A)

kulomb (C)

om (Ω)

oporu właściwego przewodnika

oporu elektrycznego

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Badano, jak natężenie prądu płynącego przez opornik zależy od jego napięcia. Wyniki pomiarów umieszczono w poniżej tabeli.

Wyniki pomiarów

$U[V]$

2

4

6

8

$I[mA]$

150

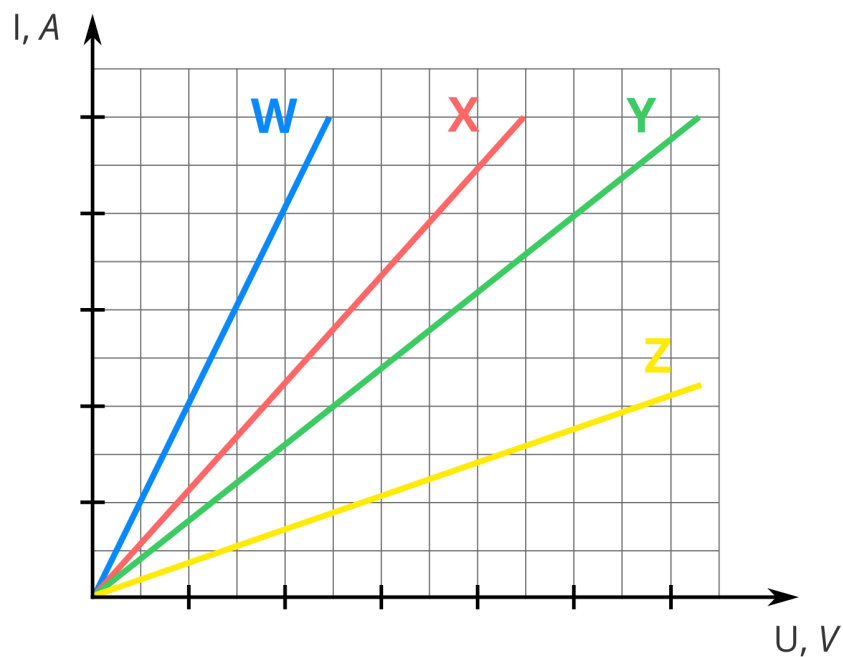
300

450

600

Ćwiczenie 6.1

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7.1

Wybierz poprawne stwierdzenia dotyczące analizy danych na wykresie przedstawiającym zależność natężenia prądu płynącego przez cztery różne oporniki od napięcia.

- ☐ Opornik W ma mniejszy opór niż opornik X.
- ☐ Opornik X ma większy opór elektryczny niż oporniki Y i Z.
- ☐ Opornik Y ma mniejszy opór elektryczny niż opornik W.
- ☐ Największy opór elektryczny ma opornik Z.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Połączenie szeregowe odbiorników

Czasami lampki choinkowe przestają świecić. Najczęściej wystarczy wymiana przepalonej żarówki, aby cały łańcuch zaczął znów działać. Jeśli chcesz się dowiedzieć, dlaczego tak się dzieje, zapoznaj się z tym podrozdziałem. Poznasz również dwa podstawowe sposoby łączenia odbiorników energii elektrycznej i to, jak płynie prąd w każdym z tych połączeń.



Połączenie szeregowe się m.in. w urządzeniach zasilanych więcej, niż jedną baterią. Szeregowe połączenie ze sobą ogniw zapewnia źródło o znacznie wyższym napięciu, niż oferuje pojedynczy „paluszek”

Już potrafisz

- posługiwać się pojęciem „napięcie elektryczne”;
- wymienić źródła napięcia elektrycznego;
- przedstawić wybrane elementy obwodów elektrycznych (ogniwo, opornik, żarówkę, wyłącznik, amperomierz i woltomierz) przy użyciu symboli graficznych;
- poprawnie odczytywać i rysować schematy prostych obwodów elektrycznych;
- posługiwać się pojęciami „opór elektryczny” i „opór właściwy”;
- korzystać z zależności między natężeniem prądu, napięciem elektrycznym a oporem elektrycznym;
- opisać wpływ długości, pola przekroju poprzecznego i rodzaju materiału przewodnika na jego opór.

Nauczysz się

- rozpoznawać połączenie szeregowe odbiorników (na schematach i w praktyce);
- posługiwać się zależnościami między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym w połączeniu szeregowym odbiorników;
- rozwiązywać problemy i zadania dotyczące połączenia szeregowego.

1. Połączenia szeregowe i równoległe

Wspomniane lampki choinkowe są jednym z przykładów połączenia szeregowego odbiorników prądu. Uszkodzenie (przepalenie) jednego z elementów obwodu, np. żarówki, sprawia, że obwód zostaje otwarty, co skutkuje brakiem przepływu prądu. Na ogół w instalacjach elektrycznych domowych stosuje się połączenia, równoległe. Wykonaj poniższe ćwiczenie i przekonaj się, jaka jest między nimi różnica.

Ćwiczenie 1

Oceń prawdziwość każdego zdania.

	Prawda	Fałsz
W połączeniu równoległym żarówka świecą jaśniej (mocniej) niż w połączeniu szeregowym przy tym samym napięciu.	☐	☐
Gdy usuniemy jedną żarówkę połączoną równoległe z innymi, pozostałe świecą nadal.	☐	☐
W połączeniu szeregowym usunięcie jednej żarówki nie wywołuje żadnych zmian.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

W połączeniu szeregowym odłączenie jednej żarówki sprawia, że pozostałe również przestają świecić. Natomiast jeśli odłączymy jedną żarówkę w połączeniu równoległym, pozostałe żarówki nadal będą świecić.

Przyjrzyjmy się dokładnie wartościom napięcia i natężenia prądu płynącego w połączeniu szeregowym.

Z pewnością zauważyliście, że natężenie prądu między dowolnie wybranymi punktami w obwodzie elektrycznym się nie zmieniało. Napięcie elektryczne w żarówkach było różne,

ale łącznie odpowiadało napięciu wytwarzanemu przez źródło. To stwierdzenie odnosi się wyłącznie do obwodów połączonych szeregowo (tak jak np. na rysunku poniżej).

Stwierdziliśmy, że napięcie w połączeniu szeregowym rozdziela się na odbiorniki:

$$U = U_1 + U_2 \quad (1)$$

W obwodzie płynie prąd o natężeniu I . Uwzględnijmy zależność między napięciem a natężeniem:

$$U = I \cdot R \quad (2)$$

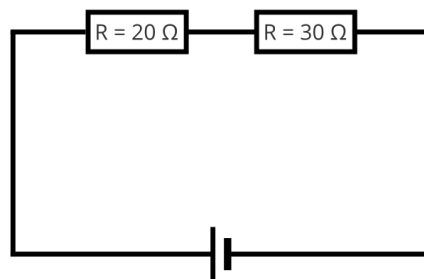
Do równania (1) podstawiamy zależność (2). Otrzymujemy:

$$I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 \quad (3)$$

Równanie (3) dzielimy przez I i uzyskujemy wzór na opór całkowity:

$$R = R_1 + R_2 \quad (4)$$

Za pomocą wzoru (4) możemy obliczyć opór całkowity w obwodzie. Aby obliczyć opór całkowity w połączeniu szeregowym, dodajemy do siebie opory wszystkich odbiorników. Opór całkowity nazywany jest też **oporem zastępczym**, ponieważ jeśli zamiast oporników R_1 i R_2 włączymy jeden, ale odpowiadający sumie tych oporów, to natężenie prądu w obwodzie nie ulegnie zmianie.



Połączenie szeregowe oporników o oporach $R_1 = 20 \, \Omega$ i $R_2 = 30 \, \Omega$

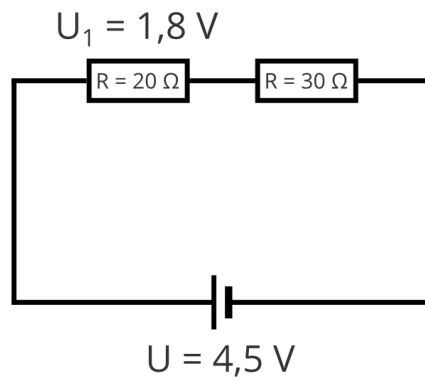
Ćwiczenie 2.1

Uzupełnij lukę.

Opór zastępczy oporników połączonych jak na powyższym schemacie wynosi

Ω .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.



Jaka jest wartość napięcia na 30-omowym oporniku?

Ćwiczenie 3.1

Korzystając ze schematu obwodu elektrycznego, oblicz napięcie między końcami opornika o oporze 30Ω i wskaż prawidłową odpowiedź.

☐ 4,5 V

☐ 2,7 V

☐ 1,8 V

☐ 6,3 V

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

2. Połączenie szeregowe – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Dwie żarówki o oporze $R_1 = 30 \Omega$ i $R_2 = 70 \Omega$ połączono szeregowo do źródła napięcia, tak że płynął przez nie prąd o natężeniu 150 mA . Oblicz napięcie przyłożone do poszczególnych żarówek i napięcie wytwarzane przez źródło.

Rozwiązanie:

Natężenie prądu płynącego przez poszczególne żarówki jest jednakowe i wynosi 150 mA . Zgodnie z prawem Ohma (po przekształceniu wzoru):

$$U = I \cdot R$$

czyli:

$$U_1 = I \cdot R_1 \text{ i } U_2 = I \cdot R_2$$

$$U_{\text{całk}} = U_1 + U_2$$

Dane:

$$R_1 = 30 \, \Omega$$

$$R_2 = 70 \, \Omega$$

$$I = 150 \, \text{mA} = 0,15 \, \text{A}$$

Szukane:

$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U_1 = 0,15 \, \text{A} \cdot 30 \, \Omega = 4,5 \, \text{V}$$

$$U_2 = 0,15 \, \text{A} \cdot 70 \, \Omega = 10,5 \, \text{V}$$

$$U_{\text{całk}} = 4,5 \, \text{V} + 10,5 \, \text{V} = 15 \, \text{V}$$

Odpowiedź:

Do pierwszej żarówki przyłożone jest napięcie równe 4,5 V, do drugiej – 10,5 V.

Napięcie wytwarzane przez źródło prądu wynosi 15 V.

Ćwiczenie 4

Dwa odbiorniki o oporach $R_1 = 100 \, \Omega$ i $R_2 = 50 \, \Omega$ połączono szeregowo tak, że płynął przez nie prąd o natężeniu $I = 20 \, \text{mA}$. Oblicz wartości napięcia na każdym odbiorniku oraz napięcie wytwarzane przez źródło prądu.

Uzupełnij puste miejsca.

Dane:

$$R_1 = \boxed{} \, \Omega$$

$$R_2 = \boxed{} \, \Omega$$

$$I = \boxed{} \, \text{mA} = \boxed{} \, \text{A}$$

Szukane:

$$U = ?$$

$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$

Wzory:

$$U = I \cdot R$$

$$U = U_1 + U_2$$

Obliczenia:

$$U_1 = \boxed{} \cdot \boxed{} \, \Omega = \boxed{}$$

$$U_2 = \boxed{} \cdot \boxed{} \, \Omega = \boxed{}$$

$$U = \boxed{} + \boxed{} = \boxed{}.$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 2

Oporniki o oporach $R_1 = 40 \, \Omega$ i $R_2 = 60 \, \Omega$ połączono szeregowo i podłączono do układu o napięciu $5 \, \text{V}$. Oblicz natężenie prądu płynącego w obwodzie.

Dane:

$$R_1 = 40 \, \Omega$$

$$R_2 = 60 \, \Omega$$

$$U = 5 \, \text{V}$$

Szukane:

$$I = ?$$

Wzory:

$$U = I \cdot R / : R$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = R_1 + R_2$$

Obliczenia:

$$R = 40 \, \Omega + 60 \, \Omega = 100 \, \Omega$$

$$I = \frac{5 \, \text{V}}{100 \, \Omega} = 0,05 \, \text{A}$$

Odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu 0,05 A.

Ćwiczenie 5

Opornik o oporach $R_1 = 200 \, \Omega$ i $R_2 = 300 \, \Omega$ połączono szeregowo i do układu przyłączono napięcie $U = 20 \, \text{V}$. Oblicz natężenie prądu w obwodzie. Uzupełnij puste miejsca. Jednostki od wartości oddziel spacją.

Zależności:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = R_1 + R_2$$

Dane:

$$R_1 = \boxed{} \, \Omega$$

$$R_2 = \boxed{} \, \Omega$$

$$U = \boxed{}$$

Szukane:

$$\boxed{} = ?$$

Obliczenia

$$R = \boxed{} \, \Omega + \boxed{} \, \Omega = \boxed{} \, \Omega$$

$$I = \boxed{} : \boxed{} \, \Omega = \boxed{}$$

Odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu $\boxed{}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3

W obwodzie elektrycznym znajdują się trzy oporniki o oporze 2Ω każdy oraz bateria o napięciu $9V$. Oporniki są połączone szeregowo. Oblicz natężenie prądu w obwodzie oraz napięcie między końcami poszczególnych oporników.

Wzory:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = 3 \cdot R_1$$

$$U = 3 \cdot U_1$$

Dane:

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$U = 9 V$$

Szukane:

$$U_1 = ?$$

$$I = ?$$

Obliczenia:

$$R = 3 \cdot 2 \Omega = 6 \Omega$$

$$I = \frac{9 V}{6 \Omega} = 1,5 A$$

$$U_1 = 1,5 A \cdot 2 \Omega = 3 V$$

Odpowiedź:

W obwodzie płynie prąd o natężeniu $1,5 A$, a napięcie między końcami każdego opornika wynosi $3 V$.

Ćwiczenie 6

Sto jednakowych lampek choinkowych połączono szeregowo i podłączono pod napięcie $230 V$. Opór każdej żarówki wynosi $R = 2 \Omega$.

Uzupełnij puste miejsca pamiętając, by wartość od jednostki oddzielić spacją.

Natężenie prądu w obwodzie jest równe .

Napięcie między końcami każdej żarówki wynosi .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- W połączeniu szeregowym przez zamknięty obwód elektryczny płynie prąd o natężeniu I . Jest ono jednakowe w każdym miejscu układu szeregowego.
- Napięcie między końcami układu szeregowego oporników jest równe sumie napięć między końcami każdego z nich.
- Opór całkowity (zastępczy) w połączeniu szeregowym jest sumą oporów poszczególnych odbiorników: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

Praca domowa

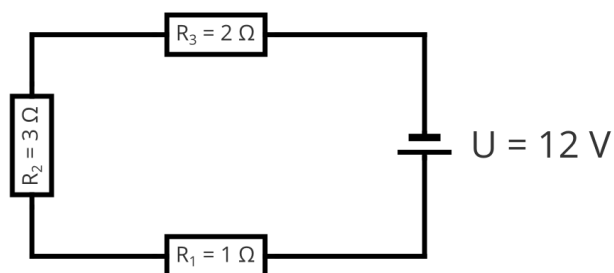
Polecenie 1.1

Poszukaj w domu zestawu oświetlenia choinkowego.

1. Sprawdź, jak połączono lampki (szeregowo czy równolegle). Opisz i uzasadnij swoją metodę badawczą.
2. Na opakowaniu (lub urządzeniu sterującym lampkami) poszukaj informacji, do jakiego maksymalnego napięcia można podłączyć oświetlenie choinkowe i jakie może być maksymalne natężenie płynącego w nich prądu. Następnie zanotuj te wielkości i oblicz opór całkowity.
3. Sprawdź na opakowaniu, z ilu żarówek składa się łańcuch. Oblicz opór jednej żarówki przy założeniu, że lampki połączone są szeregowo.

Zadania podsumowujące lekcję

Na rysunku przedstawiono schemat połączenia trzech oporników.



Jaki będzie opór zastępczy takiego układu?

Ćwiczenie 7.1

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Łączny opór oporników wynosi . Natężenie prądu płynącego w tym obwodzie jest równe .

6 V

4 A

6 A

2 Ω

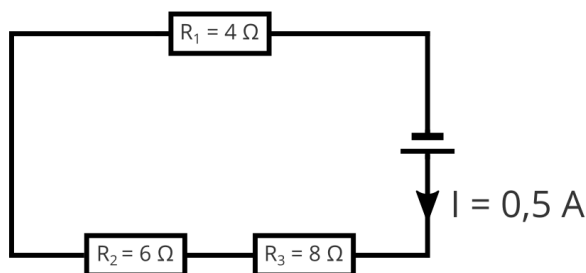
6 Ω

12 A

2 A

2 V

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.



Jakie będzie napięcie na każdym z oporników?

Ćwiczenie 8.1

Na rysunku przedstawiono schemat połączenia trzech oporników. Wskaż prawidłowe zdanie.

☐ Napięcie na kolejnych odbiornikach wynosi: $U_1 = 8\ \text{V}$, $U_2 = 12\ \text{V}$, $U_3 = 16\ \text{V}$.

☐ Napięcie wytwarzane przez baterię jest równe $U = 36\ \text{V}$.

☐ Napięcie na kolejnych odbiornikach wynosi: $U_1 = 2\ \text{V}$, $U_2 = 3\ \text{V}$, $U_3 = 4\ \text{V}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Oporniki o oporach $R_1 = 400 \, \Omega$ i $R_2 = 200 \, \Omega$ połączono szeregowo i podłączono pod napięcie $U = 30 \, \text{V}$. Opór całkowity obwodu i natężenie prądu wynoszą odpowiednio

☐ $R = 600 \, \Omega$, $I = 50 \, \text{mA}$.

☐ $R = 600 \, \Omega$, $I = 500 \, \text{mA}$.

☐ $R = 200 \, \Omega$, $I = 500 \, \text{mA}$.

☐ $R = 200 \, \Omega$, $I = 50 \, \text{mA}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

W obwodzie elektrycznym znajduje się dwadzieścia żarówek o oporze $R_1 = 3 \, \Omega$ każda oraz bateria o napięciu $U = 12 \, \text{V}$. Żarówki połączone są szeregowo. Wybierz prawidłowe stwierdzenia.

☐ Napięcie na każdej żarówce jest równe $4 \, \text{V}$.

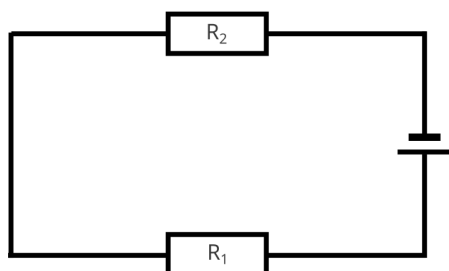
☐ Opór całkowity wynosi $60 \, \Omega$.

☐ Natężenie prądu w obwodzie wynosi $0,2 \, \text{A}$.

☐ Napięcie na każdej żarówce ma taką samą wartość.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Na rysunku przedstawiono schemat połączenia dwóch oporników $R_1 < R_2$.



Jak połączone są te dwa oporniki?

Ćwiczenie 11.1

Oceń prawdziwość każdego zdania.

	Prawda	Falsz
Oporniki R_1 i R_2 są połączone szeregowo.	☐	☐
Napięcia na opornikach R_1 i R_2 spełniają zależność $U_1 < U_2$.	☐	☐
Natężenia prądu I_1 oraz I_2 płynące przez oporniki R_1 i R_2 spełniają zależność $I_1 < I_2$.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Połączenie równoległe odbiorników

Jeśli w samochodzie przepali się jeden z reflektorów, to czy pozostałe światła będą działać bez zarzutu? Jeśli chcesz poznać odpowiedź na to pytanie, czytaj dalej.



System połączeń równoległych stosuje się m.in. w układach oświetleniowych. Ma on liczne zalety, m.in. zapewnia każdej lampie takie samo napięcie niezależnie od ich liczby, a awaria jednej żarówki nie powoduje przerwania obwodu

Już potrafisz

- podać definicję napięcia elektrycznego i jego jednostki – wolta (V);
- podać definicję natężenia prądu elektrycznego i jego jednostki – ampera (A);
- stwierdzić, że natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego między jego końcami;
- zdefiniować opór elektryczny przewodnika jako stosunek napięcia przyłożonego między jego końcami do natężenia prądu, który tamtędy płynie;
- podać definicję jednostki oporu elektrycznego – oma (Ω).

Nauczysz się

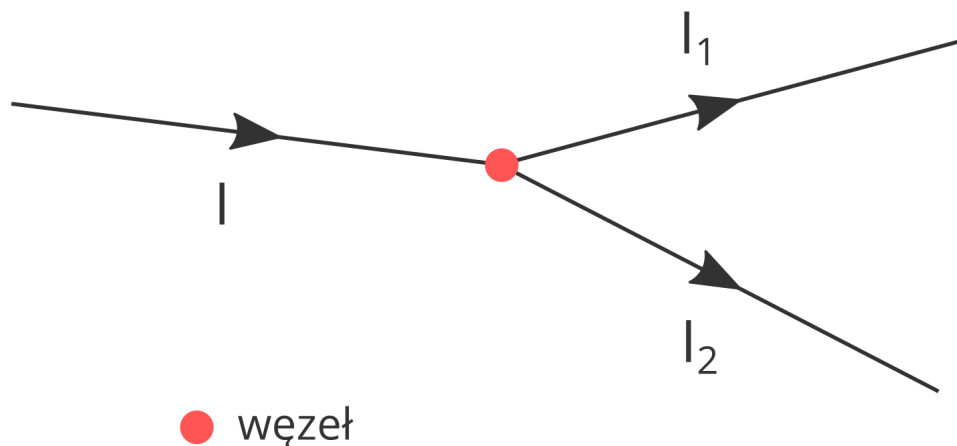
- rozpoznawać połączenie równoległe odbiorników (na schematach i w praktyce);
- posługiwać się zależnościami między natężeniem, napięciem a oporem elektrycznym w połączeniu równoległym odbiorników;
- rozwiązywać problemy i zadania dotyczące połączenia równoległego odbiorników prądu elektrycznego.

1. Połączenie równoległe – podstawy teoretyczne

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik podłączony do stałego źródła napięcia ma jednakową wartość w każdym miejscu przewodnika. Co się jednak stanie, jeśli nastąpi rozgałęzienie przewodnika, czyli gdy będzie on doprowadzał prąd do urządzeń połączonych równoległe? Czy natężenie prądu również będzie miało identyczną wartość?

Punkt, w którym następuje rozgałęzienie, nazywany jest **węzłem**. Przepływ prądu oznacza, że do węzła dopływa jakiś ładunek w jednostce czasu. Natężenie prądu dopływającego do węzła jest równe I , a ładunek $q = I \cdot t$. Z węzła wychodzą dwa przewody, w których natężenia prądu są różne. Oznaczmy je I_1 oraz I_2 , przy czym ładunki wypływające w jednostce czasu z węzła muszą w sumie być równe ładunkowi q wpływającemu do węzła (zasada zachowania ładunku). Wynika z tego, że suma natężeń prądów wypływających z węzła jest równa natężeniu prądu dopływającego do tego węzła, czyli:

$$I = I_1 + I_2$$



Przez przewodnik płynie prąd o natężeniu I . Za węzłem przewodnik rozgałęzia się na dwie części, natężenie prądu rozdziela się na I_1 i I_2

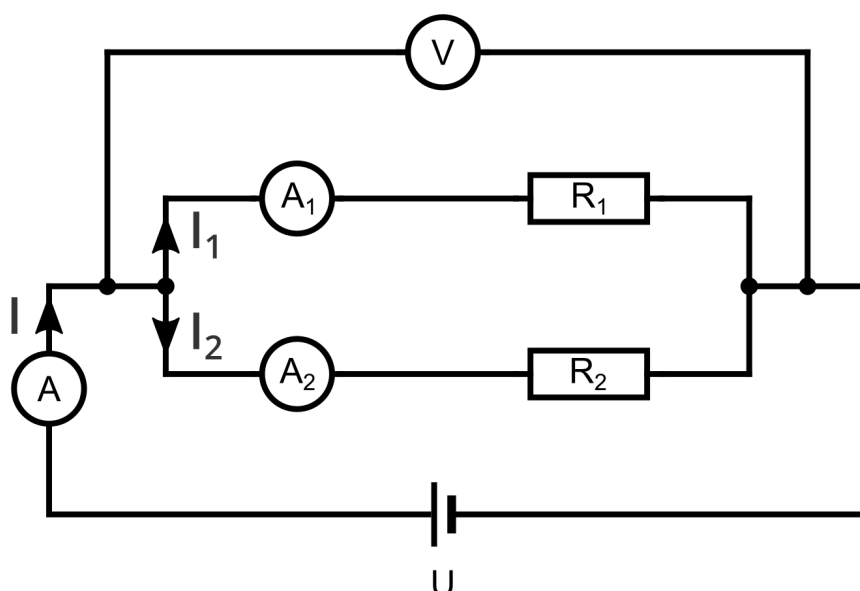
Tę zależność nazywamy pierwszym prawem [Kirchhoffa](#).

Prawo: pierwsze prawo Kirchhoffa

Suma natężeń prądów wpływających do dowolnego węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła.

Jeśli odbiorniki są połączone równolegle, oznacza to, że są one połączone za pomocą przewodów z dwóch stron, a napięcie jest przyłożone do pary połączonych końcówek. Oznacza to, że napięcie zmierzone między końcami oporników jest jednakowe i równe napięciu elektrycznemu źródła. To samo dotyczy natężenia prądu – w obu przypadkach.

Oporniki połączone równolegle można zastąpić jednym równoważnym opornikiem, do którego końców przyłożone zostanie napięcie U i przez który będzie przepływał prąd o natężeniu I . Do końców tego opornika musi też zostać przyłożone napięcie U . Natężenie tego prądu będzie równe sumie natężeń prądów w opornikach połączonych równolegle. Aby wyznaczyć wartość oporu zastępczego, posłużymy się schematem i poznanymi zależnościami między napięciem, natężeniem a oporem elektrycznym.



Wyznaczanie wartości oporu zastępczego odbiorników prądu elektrycznego

Korzystamy z pierwszego prawa Kirchhoffa:

$$(1) I = I_1 + I_2$$

Uwzględniamy zależność między napięciem (U) a natężeniem (I) i otrzymujemy:

$$(2) U = I \cdot R$$

Przekształcamy wzór (2), aby wyznaczyć natężenie:

$$(3) I = \frac{U}{R}$$

Do równania (1) podstawiamy zależność (3):

$$(4) \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

Równanie (4) dzielimy przez napięcie (U):

$$(5) \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Ze wzoru (5) wynika, że suma odwrotności oporów poszczególnych elementów jest równa odwrotności oporu zastępczego.

Przykład 1

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 2 \Omega$ i $R_2 = 3 \Omega$ połączono równolegle. Oblicz opór zastępczy tych oporników.

Zależność:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Dane:

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

Szukane:

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{3 \Omega}$$

Ułamki sprowadzamy do wspólnego mianownika:

$$\frac{1}{R} = \frac{3}{6 \Omega} + \frac{2}{6 \Omega}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{5}{6 \Omega}$$

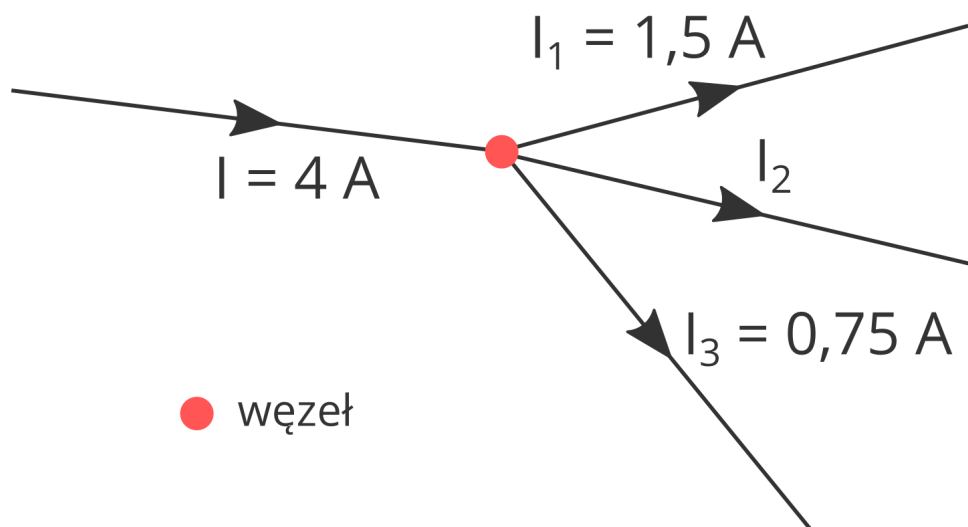
Aby obliczyć opór zastępczy, należy skorzystać z proporcji:

$$5 \cdot R = 1 \cdot 6 \Omega / : 5$$

$$R = 1,2 \Omega$$

Odpowiedź:

Opór zastępczy układu oporników wynosi $1,2 \Omega$.



Ćwiczenie 1.1

Korzystając z powyższego schematu obwodu elektrycznego, oblicz natężenie I_2 i wskaż prawidłową odpowiedź.

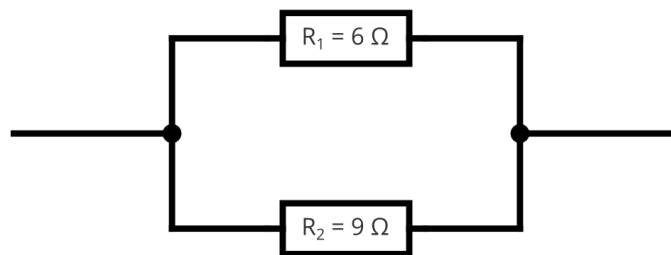
☐ 6,25 A

☐ 4,75 A

☐ 1,75 A

☐ 3,25 A

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2.1

Korzystając z powyższego schematu obwodu elektrycznego, oblicz opór zastępczy i wskaż prawidłową odpowiedź.

☐ 7,5 Ω

☐ 3,6 Ω

☐ 15 Ω

☐ 0,28 Ω

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

opornik zastępczy

– opornik zastępujący oporniki połączone równolegle. Do końców opornika zastępczego przyłożone jest napięcie U ; płynie przez niego prąd o natężeniu I będący sumą natężeń prądów w opornikach połączonych równolegle. Opór zastępczy w połączeniu równoległym oblicza się za pomocą wzoru:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

gdzie:

R_n opór n -tego opornika; R – opór zastępczy.

2. Połączenie równoległe – rozwiązywanie zadań

Przykład 2

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 20 \Omega$ i $R_2 = 30 \Omega$ połączono równolegle. Oblicz natężenie prądu płynącego przez każdy opornik, jeśli podłączono je do źródła stałego napięcia równego 6V.

Wzór:

$$I = \frac{U}{R}$$

Dane:

$$R_1 = 20 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$U = 6 \text{ V}$$

Szukane:

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

Obliczenia:

$$I_1 = \frac{6 \text{ V}}{20 \Omega} = 0,3 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{6 \text{ V}}{30 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

Odpowiedź:

Przez opornik R_1 płynął prąd o natężeniu 0,3 A, a przez opornik R_2 – prąd o natężeniu 0,2 A.

Ćwiczenie 3

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 120 \, \Omega$ i $R_2 = 480 \, \Omega$ połączono równolegle i przyłożono napięcie $U = 24 \, \text{V}$. Oblicz natężenie prądu płynącego przez każdy opornik. Uzupełnij puste miejsca.

Zależności:

$$I = \frac{U}{R}$$

Dane:

$$R_1 = \boxed{} \, \Omega$$

$$R_2 = \boxed{} \, \Omega$$

$$U = \boxed{}$$

Szukane:

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

Obliczenia:

$$I_1 = \boxed{} : \boxed{} \, \Omega = \boxed{}$$

$$I_2 = \boxed{} : \boxed{} \, \Omega = \boxed{}$$

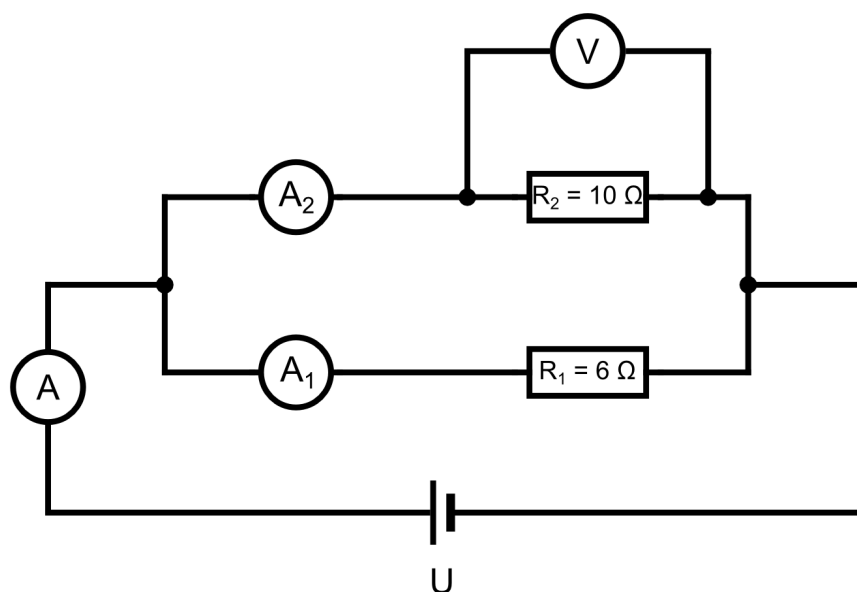
Odpowiedź:

Natężenia prądu są równe $\boxed{}$ i $\boxed{}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3

Na podstawie danych zawartych na schemacie oblicz, jakie będą wskazania mierników w obwodzie elektrycznym. Amperomierz A_1 wskazuje 0,5 A.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Wzór:

$$I = \frac{U}{R}$$

Dane:

$$R_1 = 6\ \Omega$$

$$R_2 = 10\ \Omega$$

$$I_1 = 0,5\ \text{A}$$

Szukane:

$$I = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$U = ?$$

Obliczenia:

$$U = 0,5\ \text{A} \cdot 6\ \Omega = 3\ \text{V}$$

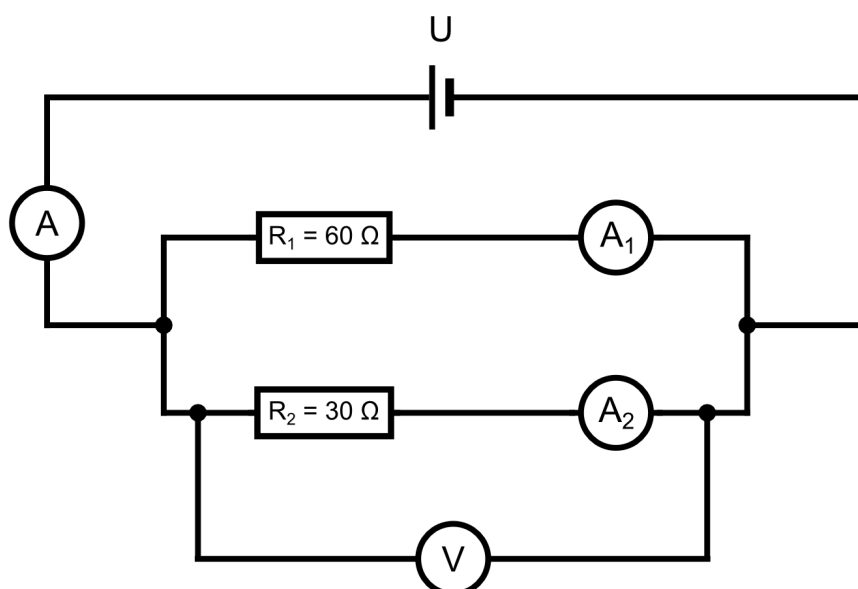
$$I_2 = \frac{3\ \text{V}}{10\ \Omega} = 0,3\ \text{A}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = 0,5\ \text{A} + 0,3\ \text{A} = 0,8\ \text{A}$$

Odpowiedź:

Woltomierz wskazuje 3 V, amperomierz A_2 – 0,3 A, natomiast amperomierz A_1 – 0,8 A.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4.1

Na podstawie danych zawartych na schemacie obwodu elektrycznego oblicz wskazania mierników. Amperomierz A_2 wskazuje 0,1 A.

Wskaż prawidłowe odpowiedzi.

☐ Amperomierz A_1 wskazuje wartość 0,5 A.

☐ Amperomierz A_1 wskazuje wartość 0,05 A.

☐ Amperomierz A wskazuje wartość 0,15 A.

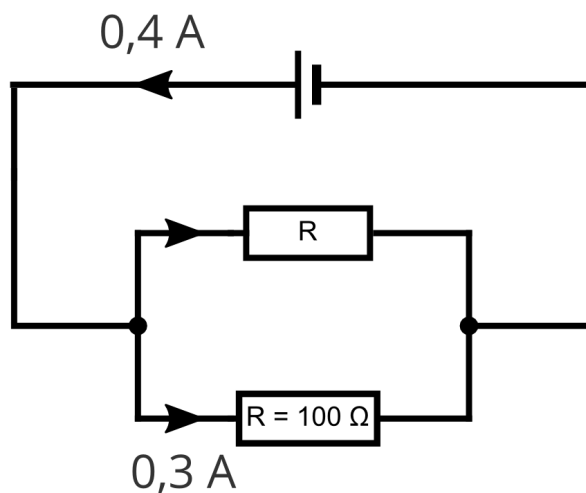
☐ Woltomierz wskazuje wartość 6 V.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 4

Na podstawie schematu obwodu elektrycznego oblicz:

1. napięcie wytwarzane przez baterię;
2. natężenie prądu płynącego przez opornik;
3. opór opornika R .



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Zależności:

$$U = I_1 \cdot R_1$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$R = \frac{U}{I_2}$$

Dane:

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$I_1 = 0,3 \text{ A}$$

$$R_1 = 100 \Omega$$

Szukane:

$$U = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$R = ?$$

Obliczenia:

$$U = 0,3 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 30 \text{ V}$$

$$0,3 \text{ A} + I_2 = 0,4 \text{ A}$$

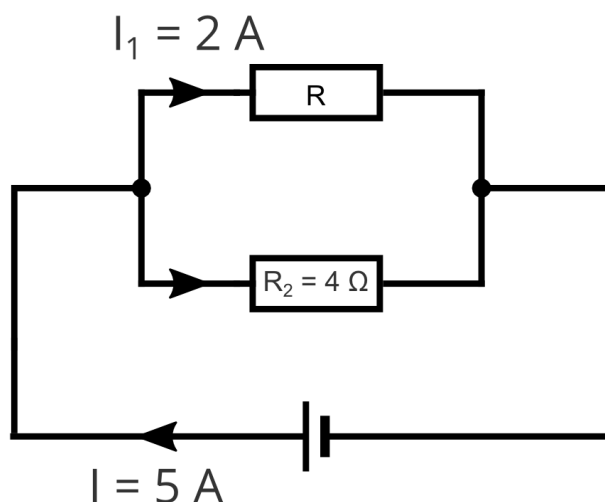
$$I_2 = 0,4 \text{ A} - 0,3 \text{ A} = 0,1 \text{ A}$$

$$R = \frac{30 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 300 \Omega$$

Przykład 5

Odpowiedź:

Bateria wytwarza napięcie 30 V. Natężenie prądu płynącego przez opornik jest równe 0,1 A. Opór opornika wynosi 300 Ω.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5.1

Korzystając z danych umieszczonych na schemacie obwodu elektrycznego uzupełnij puste miejsca.

Oporniki są połączone . Natężenie prądu płynącego przez opornik R_2 jest równe . Bateria wytwarza napięcie . Opór opornika R wynosi Ω . Opór zastępczy jest niż 2 Ω .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie:

- Pierwsze prawo Kirchhoffa: suma natężeń prądów wpływających do węzła i suma natężeń prądów z niego wypływających są sobie równe.

$$I = I_1 + I_2$$
- Napięcie przyłożone do oporników połączonych równolegle i napięcie w poszczególnych opornikach mają taką samą wartość.
- Aby obliczyć odwrotność oporu całkowitego (zastępczego R) odbiorników połączonych równolegle należy dodać do siebie odwrotności oporu poszczególnych odbiorników (R_n).

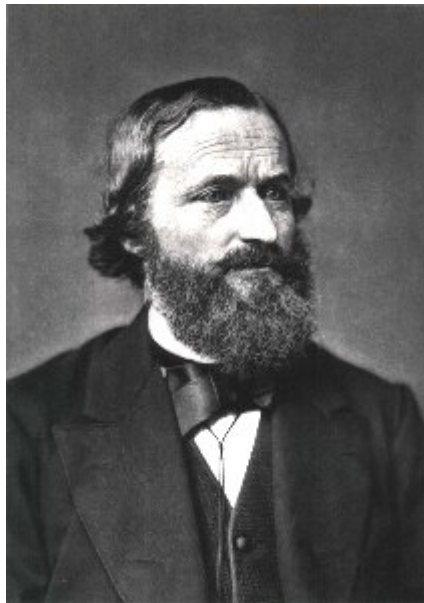
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Praca domowa

Polecenie 1.1

W różnych instalacjach elektrycznych znajdują się bezpieczniki. Wyszukaj w dostępnych ci źródłach (książki, internet), jaką rolę odgrywa bezpiecznik w instalacji. Opisz, jak działa to urządzenie.

Biogram



Źródło: QWerk (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Gustaw Robert Kirchhoff

12.03.1824–17.10.1887

Niemiecki fizyk o szerokich zainteresowaniach badawczych. Współtwórca analizy spektralnej, czyli określania składu chemicznego (np. mieszaniny pierwiastków) za pomocą analizy światła emitowanego przez substancje o wysokiej temperaturze. W 1845 r. opublikował prawa dotyczące przepływu prądu elektrycznego i tym samym poszerzył odkrycia Georga Ohma.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 6

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Samochodowa instalacja elektryczna może być zasilana akumulatorem o napięciu 12 V (głównie auta osobowe) lub 24 V (niektóre auta ciężarowe). Żarówki znajdujące się w reflektorach są połączone .

Usunięcie lub przepalenie się jednej z nich do zgaśnięcia pozostałych.

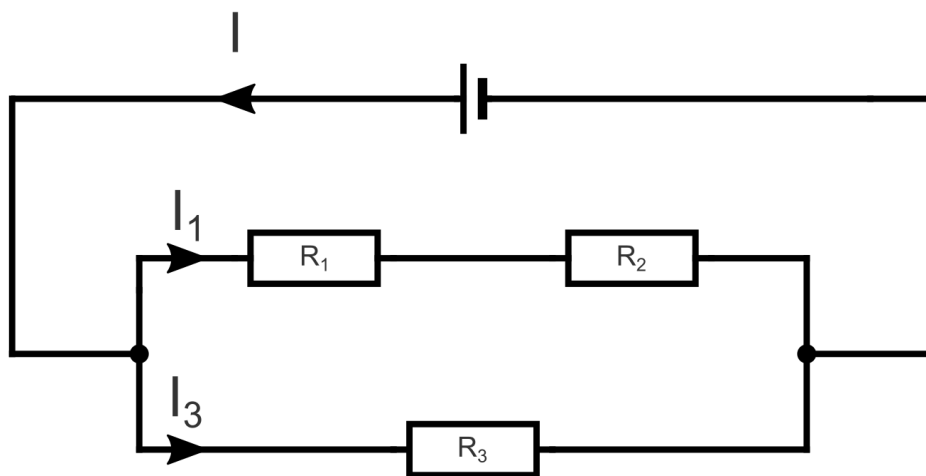
szeregowo

może doprowadzić

nie może doprowadzić

równolegle

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7.1

Oceń prawdziwość poniższych zdań.

	Prawda	Fałsz
Oporniki R_1 i R_2 są połączone z opornikiem R_3 równolegle.	☐	☐
Napięcie przyłożone do końców opornika R_3 jest równe napięciu ogniwa.	☐	☐
Wszystkie oporniki są połączone równolegle.	☐	☐
Dla tego obwodu prawdziwa jest zależność: $I_1 = I_3$.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Opornik o oporach $R_1 = 12 \Omega$ i $R_2 = 6 \Omega$ połączono równolegle i podłączono pod napięcie $U = 24 \text{ V}$. Oblicz opór zastępczy (R) i natężenie prądu płynącego przez każdy opornik.

☐ $R = 18 \Omega, I_1 = 3 \text{ A}, I_2 = 4 \text{ A}$

☐ $R = 18 \Omega, I_1 = 0,5 \text{ A}, I_2 = 0,25 \text{ A}$

☐ $R = 4 \Omega, I_1 = 2 \text{ A}, I_2 = 4 \text{ A}$

☐ $R = 4 \Omega, I_1 = 0,5 \text{ A}, I_2 = 0,25 \text{ A}$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

W obwodzie elektrycznym znajduje się dziesięć żarówek o oporze $R = 10 \Omega$ każda oraz bateria o napięciu $U = 4,5 \text{ V}$. Żarówki połączone są równolegle. Wybierz prawidłowe stwierdzenia.

☐ Natężenie prądu płynącego przez każdą żarówkę jest mniejsze niż $0,5 \text{ A}$.

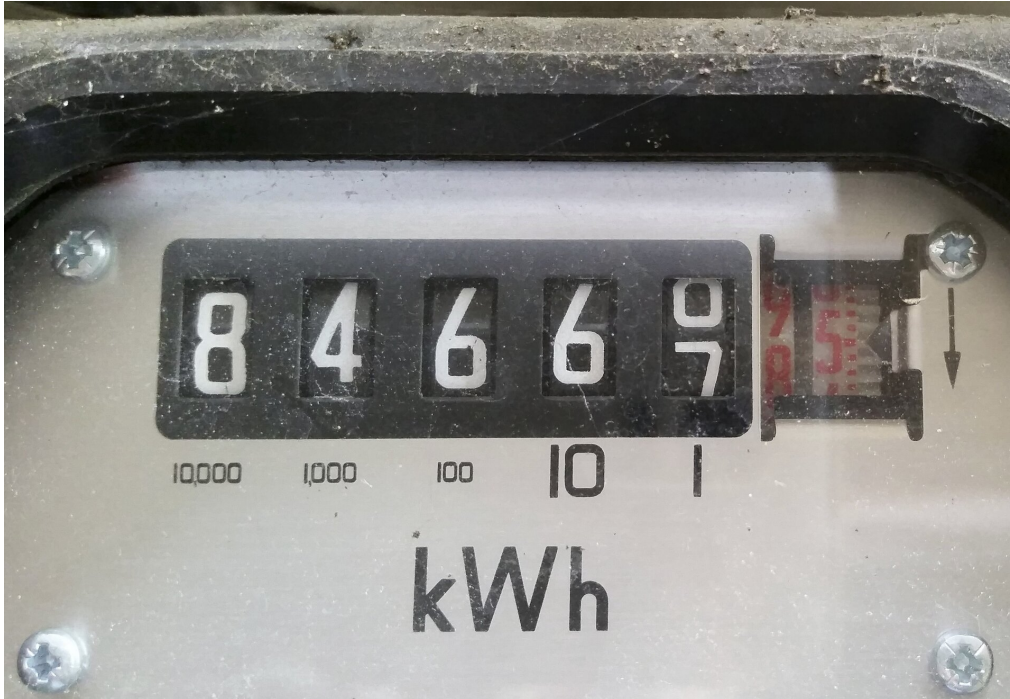
☐ Opór całkowity wynosi 100Ω .

☐ Napięcie na każdej żarówce jest równe $4,5 \text{ V}$.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Praca prądu elektrycznego

Na rachunkach za zużycie energii elektrycznej widnieje napis: „Liczba zużytych kilowatogodzin”. Za co tak naprawdę trzeba płacić?



Źródło: Nick Hubbard (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Już potrafisz

- podać definicję napięcia elektrycznego i jego jednostki – wolta (V);
- stwierdzić, że miarą natężenia prądu jest stosunek ilości ładunku elektrycznego przepływającego przez daną powierzchnię do czasu przepływu tego ładunku;
- podać definicję jednostki natężenia prądu elektrycznego – ampera (A).

Nauczysz się

- wykorzystywać zależność między pracą prądu elektrycznego, napięciem elektrycznym, natężeniem i czasem;
- przeliczać kilowatogodziny na dżule i dżule na kilowatogodziny;
- obliczać koszt zużytej energii elektrycznej;
- rozwiązywać zadania i problemy dotyczące pracy prądu elektrycznego.

1. Praca prądu elektrycznego

Z lekcji poświęconej przepływowi prądu elektrycznego wiesz, że elektrony poruszające się pod wpływem napięcia będą traciły energię w wyniku uderzeń w atomy i inne elektrony

znajdujące się w przewodniku. W efekcie prąd przestanie płynąć. Aby utrzymać przepływ prądu, musimy cały czas dostarczać elektronom energię. Oznacza to, że aby prąd mógł płynąć w obwodzie, napięcie elektryczne jest potrzebne cały czas.

Znasz już definicję napięcia. Wynika z niej, że napięcie elektryczne między końcami przewodnika jest równe stosunkowi pracy W wykonanej podczas przenoszenia ładunku q między końcami przewodnika do wartości tego ładunku:

$$U = \frac{W}{q}$$

Jeśli znamy wartość napięcia między końcami przewodnika, potrafimy obliczyć pracę wykonywaną przez prąd elektryczny.

$$W = U \cdot q$$

Jak zapewne pamiętasz, na pierwszej lekcji poświęconej przepływowi prądu elektrycznego zdefiniowaliśmy wielkość zwaną natężeniem prądu:

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

gdzie:

$I[\text{A}]$ – natężenie prądu elektrycznego;

$q[\text{C}]$ – ładunek;

$t[\text{s}]$ – czas.

Z tej definicji wynika, że ładunek przepływający w czasie t , można obliczyć z zależności:

$$q = I \cdot t$$

Praca, jaką wykonuje źródło napięcia, jest zatem równa:

$$W = U \cdot q = U \cdot I \cdot t$$

Jednostką pracy w układzie SI jest dżul (symbol J), jednak aby określić pracę prądu elektrycznego, jest ona za mała. Właśnie dlatego stosuje się inną jednostkę –

[kilowatogodzinę](#), [kWh].

kilowatogodzina (kWh)

– energia zużyta przez urządzenie o mocy 1 000 W (czyli 1 kilowata) w czasie 1 godziny.

Sprawdźmy, ile dżuli ma jedna kilowatogodzina.

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 1\,000 \text{ W} \cdot 3\,600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

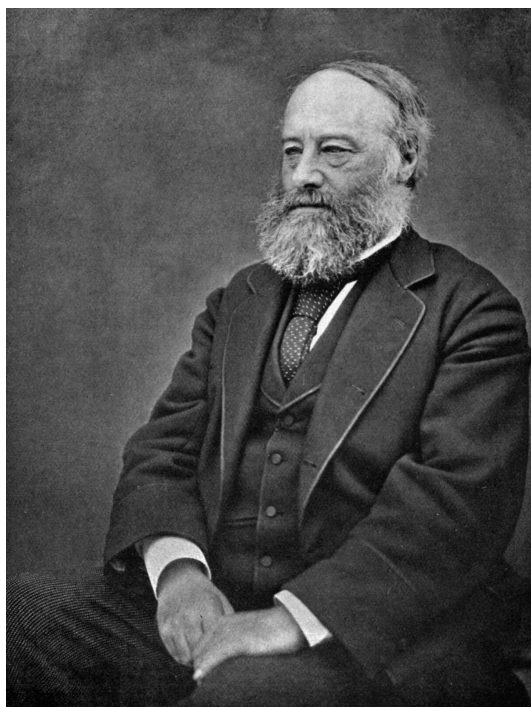
W porównaniu z kilowatogodziną dżul jest niewielką jednostką.

Zapamiętaj!

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

Ciekawostka

James Prescott Joule (1818–1889) był angielskim fizykiem, uczniem Johna Daltona. Joule prowadził badania nad ciepłem i odkrył jego związek z energią mechaniczną. To odkrycie pozwoliło sformułować uczonemu prawo zachowania energii oraz pierwsze prawo termodynamiki. W wyniku prowadzonych obserwacji dotyczących ciepła i przepływu prądu Joule odkrył związek między natężeniem prądu płynącego przez opornik a wydzielanym ciepłem. Pracował także z lordem Kelvinem nad tzw. absolutną skalą temperatur.



Fizyk angielski, którego prace stały się podstawą nauki o cieple (termodynamiki)

Ćwiczenie 1

Oceń prawdziwość poniższych zdań.

	Prawda	Fałsz
Odkurzacz o mocy 2 kW przez 2 godziny zużyje energię elektryczną równą 4 kWh.	☐	☐
Pralka o mocy 1500 W w ciągu 3 godzin zużyje energię równą 4,5 kWh.	☐	☐
Do kuchenki mikrofalowej o mocy 2000 W na 15 minut wstawiono mięso. W tym czasie kuchenka zużyje 0,5 kWh energii elektrycznej.	☐	☐
Suszarka o mocy 1200 W w ciągu godziny zużyje 1200 kWh energii elektrycznej.	☐	☐

Ćwiczenie 2

Uzupełnij puste miejsca.

W żyrandolu znajduje się pięć żarówek o mocy 80 W każda. Łączna moc żarówek jest równa

W,

czyli kW.

Jeśli żarówki są włączone przez 5 godzin w ciągu dnia, to pobierają kWh energii.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

W kolumnach podano wartości pracy w kilowatogodzinach i dżulach. Połącz w pary odpowiadające sobie wartości energii.

0,108 MJ

5 kWh

1440 kJ

0,002 kWh

7200 J

0,4 kWh

18 MJ

0,03 kWh

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

2. Praca prądu elektrycznego – rozwiązywanie zadań

Przykład 1

Mama Kasi używa odkurzacza o mocy 2 000 W średnio przez 8 godzin w miesiącu. Oblicz pracę, jaką wykonuje odkurzacz w ciągu miesiąca. Wynik podaj w dżulach i kilowatogodzinach.

Wzór:

$$W = P \cdot t$$

Dane:

$$P = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$$

$$t = 8 \text{ h} = 8 \cdot 3600 \text{ s} = 28800 \text{ s}$$

Szukane:

$$W = ?$$

Obliczenia:

$$W = 2\,000\text{ W} \cdot 28\,800\text{ s} = 57\,600\,000\text{ J} = 57,6\text{ MJ}$$

$$W = 2\text{ kW} \cdot 8\text{ h} = 16\text{ kWh}$$

Odpowiedź:

Odkurzacz w ciągu miesiąca wykonuje pracę 57,6 MJ, czyli 16 kWh.

Ćwiczenie 4

Ela prasuje ubrania żelazkiem o mocy 2500 W przez 2 godziny miesięcznie. Jaką pracę wykonuje prąd elektryczny zasilający żelazko? Wybierz prawidłowe odpowiedzi.

☐ 5000 Wh

☐ 18 MJ

☐ 5000 J

☐ 5 kWh

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 2

Żarówka latarki kieszonkowej jest zasilana baterią o napięciu 4,5 V a natężenie płynącego prądu wynosi 0,05 A. Oblicz energię elektryczną zużytą przez latarkę w czasie 3 minut?

Wzór:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Dane:

$$U = 4,5\text{ V}$$

$$I = 0,05\text{ A}$$

$$t = 3\text{ min} = 180\text{ s}$$

Szukane:

$$W = ?$$

Obliczenia:

$$W = 4,5\text{ V} \cdot 0,05\text{ A} \cdot 180\text{ s} = 40,5\text{ J}$$

Odpowiedź:

Żarówka w ciągu 3 minut zużyje 40,5 J energii elektrycznej.

Ćwiczenie 5

Toster podłączono do sieci o napięciu 230 V. Ile energii elektrycznej zużyje podczas 5 minut opiekania, jeśli płynie przez niego prąd o natężeniu 4,5 A?

Toster zużyje około

☐ 0,086 kWh energii elektrycznej.

☐ 310500 J energii elektrycznej.

☐ 5,175 kWh energii elektrycznej.

☐ 5175 J energii elektrycznej.

☐ 0,31 MJ energii elektrycznej.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3

Pralka o mocy 1 500 W była włączona przez 4 godziny. Oblicz koszt energii elektrycznej zużytej przez pralkę. Przyjmij, że cena 1 kWh wynosi 60 groszy.

Wzór:

$$W = P \cdot t$$

Dane:

$$P = 1\,500\text{ W} = 1,5\text{ kW}$$

$$t = 4\text{ h}$$

Szukane:

$$W = ?$$

Obliczenia:

$$W = 1,5\text{ kW} \cdot 4\text{ h} = 6\text{ kWh}$$

$$6 \cdot 0,60\text{ zł} = 3,60\text{ zł}$$

Odpowiedź:

Koszt energii elektrycznej zużytej przez pralkę wynosi 3,60 zł.

Ćwiczenie 6

Uzupełnij puste miejsca.

Lodówka o mocy 0,2 kW jest włączona średnio przez 12 godzin na dobę, więc zużywa ona

kWh energii.

W ciągu trzydziestu dni pobiera kWh energii.

Jeśli 1 kWh kosztuje 60 groszy, to miesięczny koszt zużytej energii wynosi

zł.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 4

W domowej instalacji elektrycznej urządzenia są połączone równolegle. Na podstawie danych zawartych w tabeli oblicz, ile energii elektrycznej zużyły wszystkie urządzenia. Jaki jest koszt zużytej energii elektrycznej w ciągu doby? Przyjmij, że cena 1 kWh wynosi 60 groszy.

Tabela mocy wybranych urządzeń domowych

Urządzenie	Moc [kW]	Czas pracy w ciągu doby [h]
Czajnik elektryczny	1,0	0,5
Żarówka	2,0	6
Lodówka	0,3	12
Odkurzacz	2,0	0,2

Wzory:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

$$W = P \cdot t$$

Dane:

$$P_1 = 1,0 \text{ kW}$$

$$t_1 = 0,5 \text{ h}$$

$$P_2 = 2,0 \text{ kW}$$

$$t_2 = 6 \text{ h}$$

$$P_3 = 0,3 \text{ kW}$$

$$t_3 = 24 \text{ h}$$

$$P_4 = 2,0 \text{ kW}$$

$$t_4 = 0,2 \text{ h}$$

Szukane:

$$W = ?$$

Obliczenia:

Najpierw obliczamy energię zużytą przez każde urządzenie.

$$W_1 = 1,0 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ h} = 0,5 \text{ kWh}$$

$$W_2 = 2,0 \text{ kW} \cdot 6 \text{ h} = 12 \text{ kWh}$$

$$W_3 = 0,3 \text{ kW} \cdot 12 \text{ h} = 3,6 \text{ kWh}$$

$$W_4 = 2,0 \text{ kW} \cdot 0,2 \text{ h} = 0,4 \text{ kWh}$$

Sumujemy uzyskane wyniki.

$$W_{\text{całk}} = 0,5 \text{ kWh} + 12 \text{ kWh} + 3,6 \text{ kWh} + 0,4 \text{ kWh} = 16,5 \text{ kWh}$$

Obliczamy koszt.

$$16,5 \cdot 0,6 \text{ zł} = 9,9 \text{ zł}$$

Odpowiedź:

Koszt energii elektrycznej zużytej w ciągu doby wynosi 9,9 zł.

Podsumowanie

- Pracę prądu elektrycznego (W) oblicza się ze wzorów:
 $W = P \cdot t$ lub $W = U \cdot I \cdot t$
gdzie: P – moc; t – czas; U – napięcie; I – natężenie.
- Jednostką energii elektrycznej jest dżul (J), ale częściej używa się **kilowatogodziny (kWh)**.
- Jedna kilowatogodzina jest równa energii elektrycznej zużytej w ciągu 1 godziny przez odbiornik o mocy 1kW. Jest równa 3,6 megadżula:
 $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

Praca domowa

Polecenie 1.1

Odszukaj rachunek za energię elektryczną. Odczytaj z niego i zapisz:

- ilość zużytej energii;
- cenę 1 kWh;
- kwotę do zapłaty.

1. Na podstawie odczytanych danych oblicz koszt zużytej energii elektrycznej. Porównaj otrzymaną kwotę z kwotą podaną na rachunku. Wyjaśnij, skąd bierze się różnica między twoim obliczeniem a kwotą z rachunku.

2. Wypełnij poniższy formularz i go wydrukuj.

Ilość zużytej energii: kWh

Cena 1 kWh: zł

Kwota do zapłaty:zł

Obliczony koszt: zł

Wyjaśnienie:

.....
.....
.....
.....

Polecenie 1.2

Zastanów się, które urządzenie codziennego użytku jest najdłużej włączone (z wyjątkiem lodówki). Oszacuj, ile godzin (minut) dziennie ono pracuje. Odczytaj jego moc i oblicz miesięczny koszt energii elektrycznej zużytej przez to urządzenie. Przyjmij, że cena 1kWh jest równa tej odczytanej z rachunku.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 7

Przyporządkuj do wielkości fizycznych symbole ich jednostek.

Jednostki energii

Jednostki mocy

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Przez żelazko podłączone do napięcia 230 V płynie prąd o natężeniu 5 A. Moc żelazka jest równa .

W ciągu godziny żelazko pobiera energii.

Gdyby żelazko w ciągu miesiąca było używane przez 4 godziny, to zużyłoby energii.

Jeśli jedna kilowatogodzina kosztuje 60 groszy, to za energię zużytą przez żelazko w ciągu miesiąca trzeba zapłacić .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Uzupełnij puste miejsca.

Urządzenie: **piekarnik**

$$P = 3 \text{ kW}$$

$$t = \text{ } \text{ h}$$

$$W = 7,5 \text{ kWh}$$

Urządzenie: **ekspres do kawy**

$$P = 0,6 \text{ kW}$$

$$t = 1 \text{ h}$$

$$W = \text{ } \text{ kWh}$$

Urządzenie: **żarówka**

$$P = \text{ } \text{ kW}$$

$$t = 8 \text{ h}$$

$$W = 0,64 \text{ kWh}$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Moc prądu elektrycznego

Wiesz już, że taka sama praca może być wykonywana w różnym czasie. Wielkością fizyczną, która opisuje, jak szybko wykonujemy pracę, jest moc.

Jeśli przyjrzyysz się uważnie urządzeniom elektrycznym, na ich tabliczkach znamionowych dostrzeżesz zestawy danych opisujące parametry eksploatacyjne. Jednym z nich jest moc. Wiesz już, że moc to szybkość wykonywania pracy, lecz co to tak naprawdę oznacza w przypadku silnika elektrycznego? Czym jest moc prądu elektrycznego?



Tabliczka znamionowa każdego urządzenia zasilanego prądem elektrycznym zawiera informacje o mocy urządzenia. Parametr ten wpływa nie tylko na wydajność danego sprzętu, ale też na ilość pobieranego przez niego podczas pracy prądu

Już potrafisz

- podać definicję napięcia elektrycznego i jego jednostki – wolta (V);
- podać definicję natężenia prądu i jego jednostki – ampera (A);
- sformułować prawo Ohma.

Nauczysz się

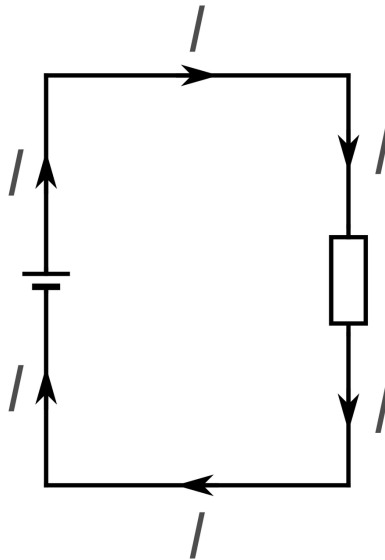
- opisywać zależność między mocą, napięciem elektrycznym i natężeniem;
- rozwiązywać zadania dotyczące mocy prądu.

1. Moc prądu elektrycznego

Na wielu urządzeniach elektrycznych codziennego użytku znajdują się napisy dotyczące ich mocy. Moc (P) informuje o pracy (W) wykonywanej przez urządzenie w jednostce czasu (t):

$$P = \frac{W}{t}$$

Zastanówmy się, czym jest moc prądu elektrycznego. W tym celu rozważymy obwód elektryczny składający się ze źródła prądu, przewodów i dowolnego elementu, którym może być opornik, akumulator, silnik itp.



Obwód elektryczny, w którym zarówno napięcie elektryczne, jak i natężenie prądu są stałe

Na urządzeniach elektrycznych podane jest także zalecane napięcie elektryczne. W jaki sposób te dwie wielkości są ze sobą związane? Z poprzednich lekcji wiemy, że napięcie (U) między końcami danego odbiornika energii elektrycznej definiowane jest w następujący sposób:

$$U = \frac{W}{q}$$

gdzie: W – praca wykonywana przez źródło napięcia w celu przeniesienia ładunku elektrycznego (q) wzdłuż przewodnika.

Wartość ładunku obliczamy za pomocą wzoru (również poznanego podczas pierwszej lekcji w tym dziale):

$$q = I \cdot t$$

A zatem: $W = P \cdot t$; $W = U \cdot q$, a $q = I \cdot t$. Po przekształceniu wzorów otrzymamy:

$$W = P \cdot t = q \cdot U = U \cdot I \cdot t$$

Z tego zaś wynika (dzieląc obie strony równania przez t), że $P = U \cdot I$

moc prądu elektrycznego

– ilość energii przekazywanej ze źródła do opornika; wyznaczamy ją ze wzoru:

$$P = I \cdot U$$

gdzie:

I – natężenie; U – napięcie elektryczne.

Jednostką mocy w układzie SI jest jeden wat (W).

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} = \left(1 \frac{\text{J}}{\text{C}}\right) \cdot \left(1 \frac{\text{C}}{\text{s}}\right) = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Często używane są wielokrotności tej jednostki: kilowat (kW), czyli 1 000 watów, i megawat (MW), czyli 1 milion watów. Ta ostatnia jednostka stosowana jest najczęściej do opisu mocy wytwarzanej w elektrowniach.

Doświadczenie 1

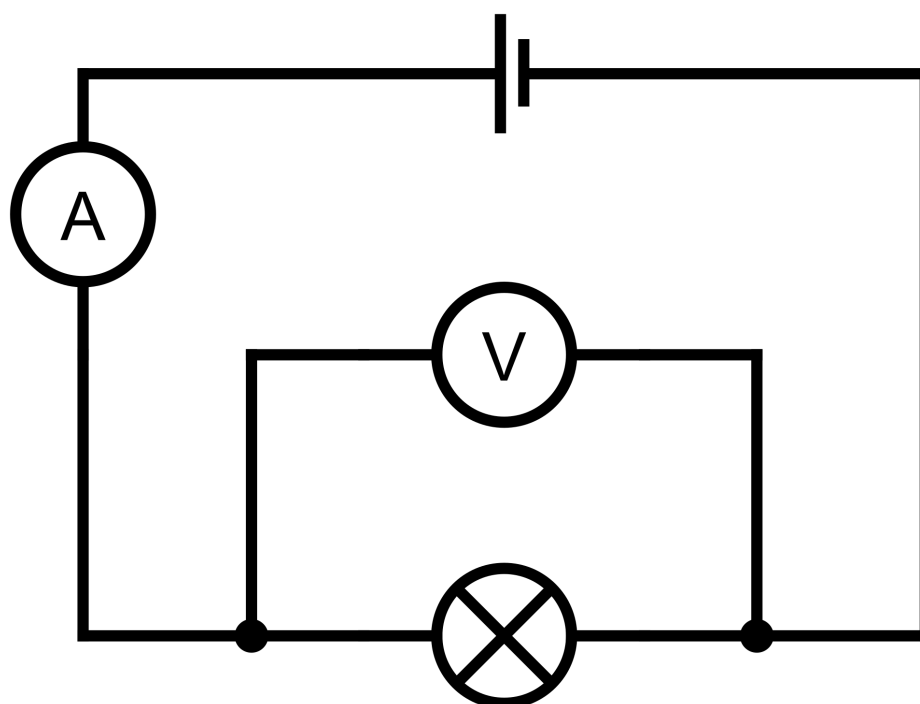
Wyznaczenie mocy żarówki elektrycznej przy napięciu znamionowym (odczytanym na oprawce żarówki).

Co będzie potrzebne

- żarówka (np. z latarki kieszonkowej);
- przewody;
- miernik uniwersalny;
- bateria.

Instrukcja

1. Zbuduj obwód zgodnie z poniższym schematem.



Sposób połączenia elementów doświadczalnego obwodu elektrycznego

2. Zmierz wartości napięcia i natężenia prądu elektrycznego w obwodzie.
3. Oblicz moc żarówki.
4. Pomiary powtórz trzykrotnie.

Podsumowanie

Porównaj uzyskany wynik z mocą zapisaną na żarówce. Sporządź notatkę, korzystając z poniższej tabeli.

Wyznaczenie mocy żarówki przy napięciu znamionowym

Nr pomiaru	U, V	I, A	P, W
1			
2			
3			

Nr pomiaru

U, V

I, A

P, W

Wartość średnia

- Wyznaczona moc żarówki:
- Odczytana nominalna moc żarówki:
- Podsumowanie doświadczenia:

Ciekawostka

Odkurzacz z napisem 2000 W wykona pracę 2000 J w czasie 1 sekundy, a odkurzacz o mocy 2500 W w tym samym czasie wykona pracę równą 2500 J. Jeśli kupisz odkurzacz o mocy 2500 W, będziesz spędzać mniej czasu na odkurzaniu. Ale czy takie rozwiązanie jest tańsze?

Elektryczna energia potencjalna może zamienić się w energię mechaniczną, chemiczną lub ciepło – w zależności od elementu znajdującego się w obwodzie. Jeśli do źródła prądu podłączony zostanie silnik, to nastąpi zamiana w energię mechaniczną. Jeśli tym elementem będzie akumulator (podłączony w celu jego naładowania), to energia zamieni się w energię chemiczną. Jeśli zaś podłączymy opornik, energia zamieni się w energię wewnętrzną (co będzie prowadziło do wzrostu jego temperatury).

Dla odbiornika wydzielającego ciepło, np. opornika lub żarówki, można połączyć wzory na napięcie i moc:

$$U = I \cdot R \text{ i } P = I \cdot U$$

W rezultacie otrzymujemy jedną z dwu możliwych zależności:

$$P = I \cdot U = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

lub

$$P = I \cdot U = \frac{U}{R} \cdot U = \frac{U^2}{R}$$

Powyższe wzory można stosować tylko wtedy, gdy następuje zamiana energii elektrycznej na energię termiczną (wewnętrzną).

Ciekawostka

Jak działa żarówka?

Jeśli moc rozproszona w przewodzie jest duża, to wytwarzana jest duża ilość ciepła.

Ciepło to jest dostarczane do włókna żarowego tak szybko, że nie ma ono czasu na emisję tego ciepła do otoczenia. Następuje gwałtowny wzrost temperatury włókna żarowego.

Jeśli temperatura jest wystarczająco wysoka, drut zaczyna się żarzyć i emitować światło.

Szacuje się, że ok. 10% energii rozproszonej w żarówce jest zamieniane na światło, a reszta – na ciepło (które przyczynia się do wzrostu temperatury drucika). Spora ilość energii wysyłana jest przez żarówkę do otoczenia.



W żarówkach starego typu energia elektryczna zamieniana jest na światło i ciepło. Elementem świecącym jest żarnik, wykonywany np. z wolframu

Przykład 1

Prąd o natężeniu 3 A przepływa przez piekarnik elektryczny pracujący pod napięciem 230 V. Oblicz moc piekarnika.

Wzór:

$$P = U \cdot I$$

Dane:

$$I = 3 \text{ A}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

Szukane:

$$P = ?$$

Obliczenia:

$$P = 230 \text{ V} \cdot 3 \text{ A} = 690 \text{ W}$$

Odpowiedź:

Moc piekarnika jest równa 690 W.

Ćwiczenie 1

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 2

Żarówka o mocy 100 W jest włączona do sieci o napięciu 230 V. Oblicz natężenie prądu płynącego przez żarówkę. Jeśli żarówka zamienia 10% pobieranej energii na światło, to ile energii świetlnej emituje w czasie 1 sekundy?

Wzory:

$$P = I \cdot U / : U$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$P = \frac{W}{t} / \cdot t$$

$$W = P \cdot t$$

Dane:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

Szukane:

$$I = ?$$

$$W = ?$$

Obliczenia:

$$I = \frac{100 \text{ W}}{230 \text{ V}} \cong 0,43 \text{ A}$$

$$W_{\text{światła}} = 10\% \cdot 100 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 10 \text{ J}$$

Odpowiedź:

Natężenie prądu płynącego przez żarówkę wynosi 0,43 A, a jej energia świetlna emitowana w ciągu 1 sekundy – 10 J.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij luki.

Grzałka elektryczna o mocy 1150 W podłączona jest do napięcia 230 V. Natężenie prądu płynącego przez grzałkę oraz ilość ciepła emitowanego przez grzałkę w czasie 0,5 minuty wynoszą odpowiednio:

$$I = \boxed{} \text{ A}$$

$$W = \boxed{} \text{ kJ.}$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Przykład 3

Spirala grzejna piekarnika o oporze $23\ \Omega$ jest zasilana z sieci domowej o napięciu 230 V . Oblicz moc grzałki w piekarniku.

Wzory:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Uwaga: Zadanie może być rozwiązane na dwa sposoby.

Dane:

$$R = 23\ \Omega$$

$$U = 230\text{ V}$$

Szukane:

$$P = ?$$

Obliczenia – 1. sposób:

$$P = \frac{(230\text{ V})^2}{23\ \Omega} = \frac{52\,900}{23}\text{ W} = 2300\text{ W}$$

Obliczenia – 2. sposób:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230\text{ V}}{23} = 10\text{ A}$$

$$P = U \cdot I = 230\text{ V} \cdot 10\text{ A} = 2300\text{ W}$$

Odpowiedź:

Moc grzałki w piekarniku jest równa $2\,300\text{ W}$.

Ćwiczenie 3

Grzałka elektryczna o oporze $40\ \Omega$ jest zasilana ze źródła o napięciu 200 V .

Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Moc grzałki jest mniejsza niż 2000 W .	☐	☐
Natężenie prądu płynącego przez grzałkę jest równe 5 A .	☐	☐
Moc grzałki jest mniejsza niż 1000 W .	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Moc prądu elektrycznego (P) informuje o ilości energii elektrycznej (W) przekazanej elementowi obwodu elektrycznego w jednostce czasu (t): $P = \frac{W}{t}$
- Aby obliczyć moc prądu elektrycznego, napięcie elektryczne (U) mnożymy przez natężenie prądu elektrycznego (I). $P = U \cdot I$

Praca domowa

Polecenie 1.1

Żarówki o parametrach 60 W, 230 V i 100 W, 230 V połączono szeregowo i dołączono do źródła prądu elektrycznego o napięciu 230 V. Oblicz moc pojedynczych żarówek oraz moc całego układu.

Polecenie 1.2

Elektryczny ogrzewacz wody o pojemności 10 litrów wyposażony jest w grzałkę o mocy 2,0 kW. Grzałka podłączona do źródła prądu o napięciu 230 V w ciągu 25 minut ogrzewa wodę o 60°C.

1. Oblicz opór grzałki.
2. Oblicz, ile ciepła zostanie przekazane otoczeniu podczas ogrzewania wody, przyjmując, że ciepło właściwe wody jest równe $\frac{4200 \text{ J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 4

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Wybierz te odpowiedzi, które stanowią prawidłowe dokończenie zdania:
Energia elektryczna

☐

zamieni się na energię mechaniczną, gdy do obwodu elektrycznego podłączony zostanie silnik.

☐

może zamienić się na energię wewnętrzną prowadząc do wzrostu temperatury elementu obwodu elektrycznego np. opornika.

☐

zamienia się na ciepło, gdy do obwodu elektrycznego podłączony zostanie akumulator.

☐

może zamienić się na energię chemiczną, mechaniczną lub ciepło.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Uzupełnij puste miejsca, wykonując wcześniej potrzebne obliczenia. Wyniki zaokrąglaj do części dziesiętnych.

Urządzenie: **zasilacz do laptopa**

$$U = 20 \text{ V}$$

$$I = 4,5 \text{ A}$$

$$P = \text{ } \text{ W}$$

$$R = \text{ } \Omega$$

Urządzenie: **żelazko**

$$U = 240 \text{ V}$$

$$I = \text{ } \text{ A}$$

$$P = 2400 \text{ W}$$

$$R = \text{ } \Omega$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Uzupełnij puste miejsca.

Żelazko o mocy 2300 W jest zasilane z sieci domowej o napięciu równym 230 V. Ciepło emitowane przez żelazko w czasie 1 sekundy jest równe J.

Jeśli prasowanie zajmie 5 minut, to żelazko wyemituje J ciepła, czyli kJ.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Wyznaczanie oporu elektrycznego i mocy wydzielanej w oporniku zasilanym przez baterię. Niepewności pomiarów

Czasem warto sprawdzić doświadczalnie, czy odbiornik energii elektrycznej ma taki opór, jaki podano na oznaczeniach, i czy wydzielana moc jest zgodna z opisem urządzenia. Warto także wiedzieć, jaka jest niepewność otrzymanych wyników.



Mierzenie natężenia prądu wymaga użycia urządzenia zwanego amperomierzem, natomiast napięcia – woltomierza. Funkcje obydwu tych urządzeń pełni tzw. multimetr, czyli miernik uniwersalny, podstawowe narzędzie pracy każdego elektryka i elektronika

Już potrafisz

- podać definicję napięcia elektrycznego i jego jednostki – wolta (V);
- podać definicję natężenia prądu i jego jednostki – ampera (A);
- podać definicję oporu elektrycznego i jego jednostki – oma (Ω);
- podać definicję oporu elektrycznego jako stosunku napięcia elektrycznego przyłożonego między końcami przewodnika do natężenia prądu, który tamtędy płynie;
- zastosować prawo Ohma;
- obliczyć pracę i moc w obwodzie elektrycznym.

Nauczysz się

- wykonywać rysunek schematyczny układu doświadczalnego w celu wyznaczenia oporu i mocy opornika zasilanego z baterii;
- budować układ doświadczalny;
- używać amperomierza i woltomierza oraz opisywać ich rolę w pomiarach;

- wyznaczać doświadczalnie opór elektryczny i moc wydzielaną w oporniku;
- obliczać maksymalną niepewność pomiarową.

1. Wyznaczenie oporu elektrycznego i mocy wydzielanej w oporniku

Krótkie przypomnienie:

Prawo Ohma odnosi się do zależności między natężeniem prądu (I) płynącym w przewodniku a napięciem (U) przyłożonym między końcami tego przewodnika. Napięcie mierzy się w **woltach (V)**, a natężenie – w **amperach**.

Tę zależność zapisujemy w postaci wzoru:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

gdzie R [Ω] – opór elektryczny. Z prawa Ohma wynika, że miarą oporu przewodnika jest stosunek napięcia między końcami przewodnika do natężenia w nim prądu, który tamtędy płynie:

$$R = \frac{U}{I}$$

Aby wyznaczyć wartość oporu elektrycznego żarówki, trzeba zatem zmierzyć napięcie i natężenie prądu za pomocą odpowiednich mierników.

Amperomierz to przyrząd służący do pomiaru natężenia prądu. Aby tego pomiaru dokonać, prąd musi przepływać przez miernik, dlatego amperomierz podłącza się do obwodu szeregowo. Prawidłowy pomiar natężenia prądu jest możliwy dzięki temu, że amperomierz ma bardzo mały opór w porównaniu z innymi oporami w obwodzie. Gdyby opór miernika był duży, to sama obecność amperomierza zmieniałaby natężenie mierzonego prądu.

Woltomierz to przyrząd służący do pomiaru napięcia prądu. Aby je wyznaczyć, wystarczy przyłożyć końce woltomierza do dwóch końców przewodnika. Oznacza to, że woltomierz podłączamy równolegle. Powinien on mieć duży opór elektryczny w porównaniu z oporem elementu obwodu, do którego jest podłączony. Gdyby było inaczej, to przez miernik płynąłby prąd o dużym natężeniu, co zmieniałoby wartości wielkości fizycznych w obwodzie.

Przypomnijcie sobie, w jaki sposób można wyznaczyć opór elektryczny opornika (takie doświadczenie już przeprowadzaliście na jednej z poprzednich lekcji. Pomocne w prawidłowych rozważaniach będą poniższe ćwiczenia.

Ćwiczenie 1

Zapoznaj się z listami potrzebnych elementów i mierników, które będą potrzebne do wyznaczenia oporu elektrycznego. Wybierz prawidłową odpowiedź.

☐ przewody elektryczne, bateria, opornik, amperomierz

☐ przewody elektryczne, akumulator, opornik, amperomierz, woltomierz

☐ przewody elektryczne, bateria, opornik, amperomierz, woltomierz

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Następnie trzeba wykonać pomiary i wyznaczyć opór elektryczny odbiornika energii elektrycznej.

Za pomocą tego samego zestawu doświadczalnego możesz wyznaczyć moc żarówki. Gdy znasz napięcie (U) i natężenie (I), możesz obliczyć moc (P):

$$P = U \cdot I$$

Jednostką mocy jest **wat (W)**. Przypomnijcie sobie z poprzedniej lekcji, w jaki sposób wyznacza się moc żarówki.

Dzięki pomiarowi napięcia elektrycznego i natężenia prądu można wyznaczyć dwie wielkości fizyczne – opór elektryczny i moc badanego odbiornika energii. Pozyskane dane mogą być przydatne w dalszym określaniu zależności między wielkościami fizycznymi, np. między oporem żarówki a przyłożonym do niej napięciem lub między mocą urządzenia a przyłożonym do niego napięciem. Analiza otrzymanych wyników może przyczynić się do znalezienia nowych zależności między wielkościami fizycznymi.

Ćwiczenie 2

Zadaniem Jacka było wyznaczenie oporu elektrycznego pewnego opornika. Ułóż czynności wykonane przez Jacka według prawidłowej kolejności.

Obliczenie oporu elektrycznego.



Zbudowanie obwodu elektrycznego składającego się z: przewodów elektrycznych, opornika, amperomierza, woltomierza i baterii.



Pomiar napięcia i natężenia.



Zapisanie wyników pomiaru.



Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Uczniowie wykonali doświadczenie, którego celem było wyznaczenie oporu kilku oporników elektrycznych. Dokonali pomiarów napięcia i natężenia. Wyznacz opór każdego odbiornika, wynik obliczeń wpisz w brakujące miejsca.

Opornik nr 1:

$$U = 20 \text{ V}$$

$$I = 0,02 \text{ A}$$

$$R = \text{ } \Omega$$

Opornik nr 2:

$$U = 30 \text{ V}$$

$$I = 0,1 \text{ A}$$

$$R = \text{ } \Omega$$

Opornik nr 3:

$$U = 40 \text{ V}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$R = \text{ } \Omega$$

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Doświadczenie 1

Wyznaczenie oporu elektrycznego i mocy żarówki.

Co będzie potrzebne

- przewody elektryczne;
- żarówka (6 V / 2,7 W) lub opornik (10 Ω);
- amperomierz cyfrowy lub analogowy;
- woltomierz cyfrowy lub analogowy;
- trzy ogniwa R14 (R20);
- dwie listewki;
- taśma klejąca;
- nożyczki.

Instrukcja

1. Zbuduj obwód elektryczny składający się z: przewodów, żarówki (opornika), amperomierza i woltomierza.
2. Listewki połącz ze sobą taśmą klejącą, tak aby utworzyły „korytko” na baterie.
3. Odczytaj dokładność pomiarową używanych mierników.
4. Narysuj schemat układu doświadczalnego.

5. Sporządź tabelkę, w której umieścisz wyniki pomiarów (wystarczy trzy).

Doświadczenie – wyniki pomiarów

Nr pomiaru	U, V	I, A	R, Ω	$P = U \cdot I, W$
1				
2				
3				
Średnia arytmetyczna				

Podsumowanie

1. Oblicz średnią wartość wyników pomiaru napięcia i natężenia, a następnie **wyznacz** wartość oporu elektrycznego żarówki i moc żarówki.

1. Wyznaczona wartość średnia oporu elektrycznego żarówki:
2. Wyznaczona wartość średnia mocy żarówki:
3. Dokładność amperomierza wynosi, a woltomierza

Opór elektryczny i moc żarówki można wyznaczyć, dzięki wykonanym pomiarom napięcia i natężenia prądu który przez nią płynie.

Niepewność pomiaru:

Wiadomo, że pomiar oporu czy moc obarczony jest niepewnością. Największą wartość oporu uzyskamy, gdy do wzoru $R = \frac{U}{I}$ wstawimy największą wartość zmierzonego napięcia i minimalną natężenia prądu. Najmniejszą wartość oporu uzyskamy, jeżeli do tego wzoru wstawimy najmniejszą wartość napięcia i największą wartość natężenia prądu. Na podstawie tej informacji wyznacz największą i najmniejszą wartość oporu żarówki (przy danym napięciu zasilającym).

Moc żarówki wyznaczymy z wzoru $P = U \cdot I$. Na podstawie tej zależności i opisanego sposobu wyznaczenia minimalnej i maksymalnej wartości oporu oblicz minimalną i maksymalną wartość mocy żarówki.

Zanim przystąpisz do wyznaczania przedziału, w którym znajdują się otrzymane w wyniku pomiarów wartości oporu i mocy żarówki, przeanalizuj poniższy przykład:

Przykład 1

Założmy, że podczas doświadczenia odczytano wskazania woltomierza $U = 12,5$ V i amperomierza $I = 340$ mA. Oznacza to wartość oporu $R = 36,8 \Omega$ i mocy żarówki $P = 4,25$ W.

Mierniki, jakich używano, miały dokładność $\pm 0,1$ V i ± 2 mA. Oznacza to, że napięcie ma wartość w przedziale od 12,4 V do 12,6 V, a natężenie prądu ma wartość w przedziale od 0,338 A do 0,342 A.

Opór obliczamy z zależności $R = \frac{U}{I}$, czyli największą możliwą wartość oporu otrzymamy dzieląc $U = 12,6$ V przez natężenie prądu $I = 0,338$ A. Daje to wartość oporu $R_{\max}$ około 37,3 Ω . Obliczenie minimalnej wartości oporu daje $R_{\min}$ około 36,5 Ω . Maksymalną moc obliczamy mnożąc maksymalne wartości natężenia prądu i napięcia, co daje $P_{\max} = 4,31$ W. Obliczenia minimalnej mocy dają wynik $P_{\min} = 4,19$ W.

Ostatecznie możemy zapisać, że opór żarówki wynosi $R = 36,8 \, \Omega \pm 0,5 \, \Omega$, natomiast moc żarówki to $P = 4,25 \, \text{W} \pm 0,05 \, \text{W}$.

Sprawdźcie wszystkie etapy powyższych obliczeń. Następnie przeprowadźcie taką samą analizę własnych wyników.

Podsumowanie

- Aby wyznaczyć opór elektryczny i moc żarówki (lub innego elementu), trzeba zbudować obwód elektryczny składający się z: przewodów elektrycznych, baterii, żarówki (lub innego elementu), amperomierza i woltomierza. Następnie należy dokonać pomiaru napięcia i natężenia prądu. Na podstawie uzyskanych wyników doświadczalnych wyznaczymy opór i moc.
- Opór elektryczny (R) oblicza się, dzieląc napięcie (U) przez natężenie (I), czyli ze wzoru:
$$R = \frac{U}{I}$$
- Moc (P) oblicza się, mnożąc napięcie (U) przez natężenie (I), czyli ze wzoru:
$$P = U \cdot I$$
- Po obliczeniu oporu lub mocy należy uwzględnić niepewność pomiarową związaną między innymi z dokładnością użytych mierników.

Praca domowa

Polecenie 1.1

Dwa oporniki o oporach $R_1 = 10 \, \Omega$ i $R_2 = 20 \, \Omega$ połączono równolegle i podłączono do napięcia $U = 30 \, \text{V}$. Do obwodu włączono amperomierz tak, że umożliwia pomiar całkowitego natężenia prądu płynącego w obwodzie.

- Narysuj schemat tego układu.
- Oblicz natężenie prądu płynącego przez każdy z oporników i wskazania amperomierza.
- Oblicz moc wydzielaną w każdym z oporników.

Polecenie 1.2

Te same dwa oporniki połączono szeregowo i podłączono do napięcia 30 V. Podłączono również odpowiednio amperomierz.

1. Narysuj schemat tego układu.
2. Oblicz natężenia prądu płynącego przez każdy z oporników i wskazania amperomierza.
3. Oblicz moc wydzielaną w każdym z oporników.
4. Oblicz napięcie między końcami każdego z oporników.

Słowniczek

niepewność pomiarowa

– miara rozrzutu wyników serii pomiarów danej wielkości fizycznej; nazywana jest też błędem pomiarowym. Podczas obliczania niepewności pomiarowej należy uwzględnić m.in.: błędne odczytanie wskazań przyrządów analogowych, dokładność przyrządów pomiarowych (każdy przyrząd ma określoną najmniejszą podziałkę) oraz liczbę pomiarów.

opór elektryczny

– stosunek napięcia do natężenia prądu elektrycznego płynącego przez obwód elektryczny.

wat (W)

– jednostka mocy w układzie SI.

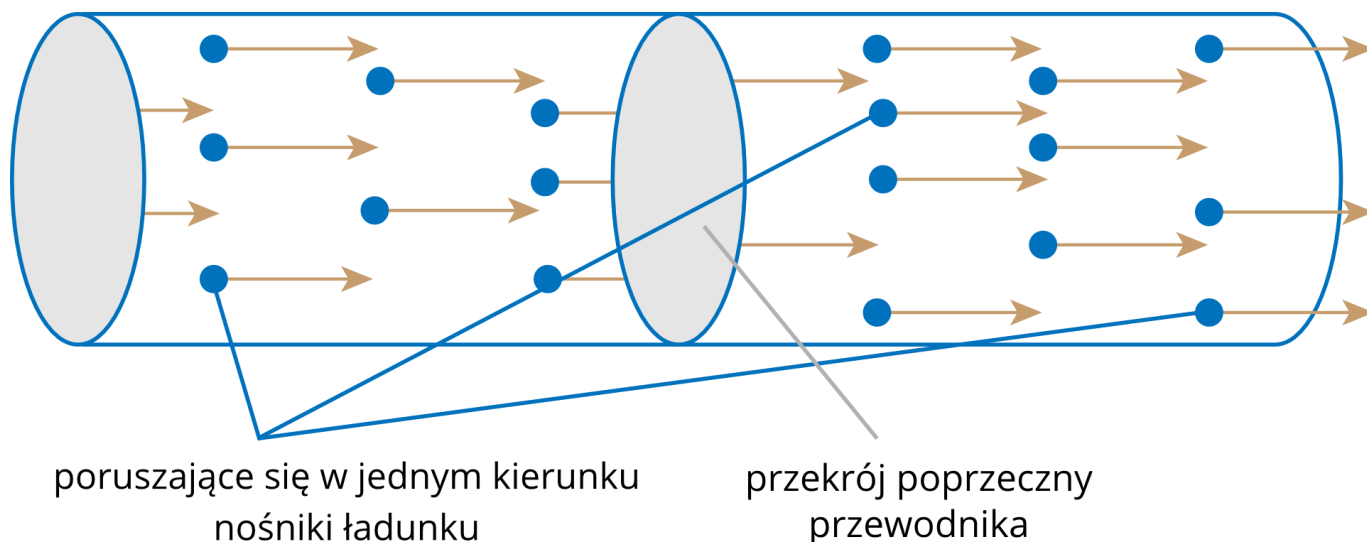
Podsumowanie wiadomości o elektryczności

Ten dział poświęciliśmy prądowi elektrycznemu. Opisaliśmy dokładnie to zjawisko, zdefiniowaliśmy natężenie prądu i jego jednostkę – amper. Zwróciliśmy uwagę na napięcie elektryczne, które jest niezbędne do powstania prądu. Sformułowaliśmy podstawowe prawo przepływu prądu – prawo Ohma – i zdefiniowaliśmy pojęcie oporu elektrycznego. Pokazaliśmy, jak budować proste obwody elektryczne, a także jak tworzyć i interpretować ich schematy. Wiesz już, jak posługiwać się miernikiem uniwersalnym, który może pełnić funkcję amperomierza lub woltomierza. Przybliżyliśmy ci pojęcie energii elektrycznej, czyli pracy prądu elektrycznego, oraz jego mocy. Umiesz obliczać te wielkości zarówno w jednostkach układu SI, jak i tych spoza tego układu, ale stosowanych powszechnie w Polsce.



Źródło: Chris Ford (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY NC 2.0.

1. Natężenie prądu elektrycznego



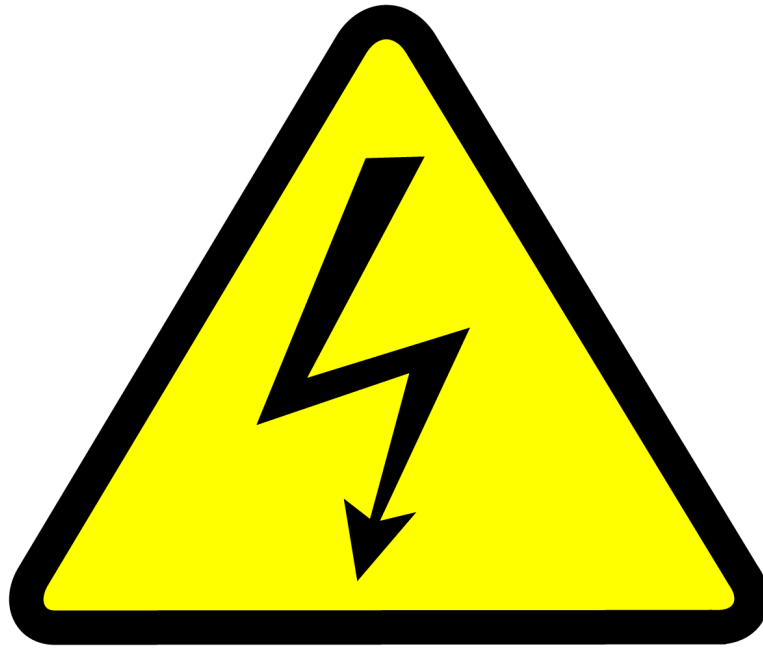
Na rysunku nie pokazano ruchu chaotycznego elektronów a jedynie ruch ukierunkowany

1. **Prąd elektryczny** – uporządkowany (ukierunkowany) ruch cząstek obdarzonych ładunkiem elektrycznym, nazywanych nośnikami prądu. W metalach nośnikami prądu są elektrony.
2. **Natężenie prądu** – ilość ładunku przeniesiona przez poprzeczny przekrój przewodnika w ciągu jednej sekundy. Natężenie prądu obliczamy za pomocą wzoru:

$$I = \frac{q}{t}$$
gdzie:
 I – natężenie prądu elektrycznego;
 q – wartość ładunku, który przepłynął przez poprzeczny przekrój przewodnika;
 t – czas, w którym ten ładunek przepłynął przez poprzeczny przekrój przewodnika.
3. Jednostką natężenia prądu w układzie SI jest **amper** (symbol **A**).
W przewodniku płynie prąd o wartości 1 ampera (1 A), jeśli w ciągu jednej sekundy (1 s) przez przekrój tego przewodnika przepływa ładunek o wartości 1 kulomba (1 C):

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$
4. Natężenie prądu mierzy się **amperomierzem** lub miernikiem uniwersalnym ustawionym na tryb pracy amperomierza.
5. Amperomierz łączymy szeregowo z tym elementem obwodu, w którym chcemy zmierzyć natężenie prądu.
6. Prąd stały to prąd, który ma stałą wartość natężenia i niezmienny kierunek przepływu.

2. Napięcie elektryczne



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

1. **Napięcie elektryczne** między dwoma punktami – czynnik wywołujący przepływ prądu. Wartość napięcia równa jest pracy wykonanej podczas przenoszenia ładunku jednostkowego między tymi punktami przewodnika.
2. Źródłami napięcia stałego są baterie (akumulatory), które zamieniają energię reakcji chemicznych w energię elektryczną (ładunki ujemne rozdzielane są od dodatnich w wyniku reakcji chemicznych).
3. Jednostką napięcia elektrycznego w układzie SI jest **wolt** (symbol **V**).
4. Napięcie między dwoma punktami obwodu wynosi 1 wolt (1 V), jeśli aby przemieścić między nimi ładunek 1 kulomba (1 C) trzeba wykonać pracę 1 dżula (1 J):
$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$
5. Napięcie elektryczne mierzymy **woltomierzem** lub miernikiem uniwersalnym ustawionym na tryb pracy woltomierza.
6. Woltomierz łączymy równolegle z tym elementem obwodu, na końcach którego chcemy zmierzyć napięcie.

3. Prawo Ohma



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

1. Prawo Ohma:

Natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do napięcia przyłożonego do końców przewodnika, co możemy zapisać wzorem:

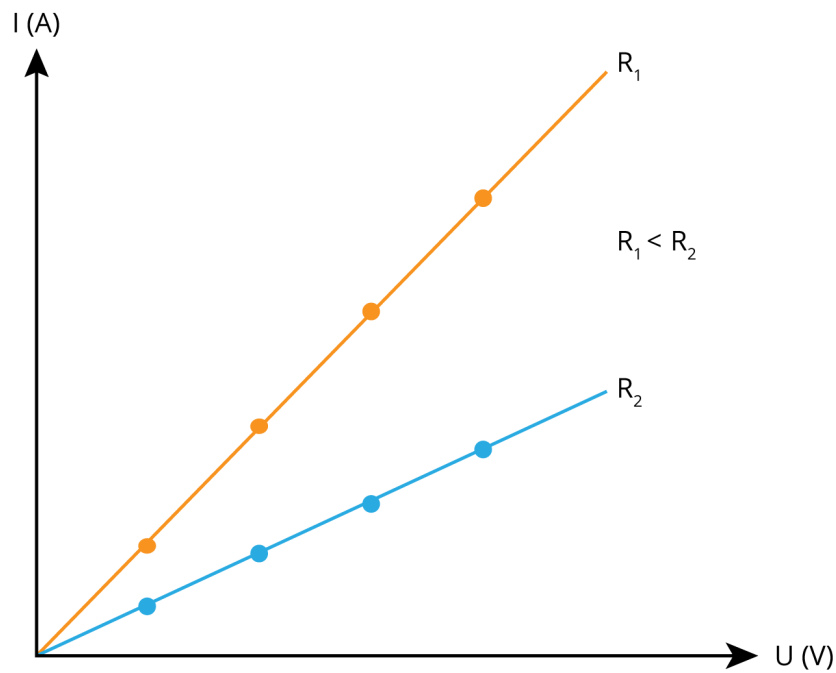
$$I = \frac{U}{R}$$

lub

$$I = \frac{1}{R} \cdot U,$$

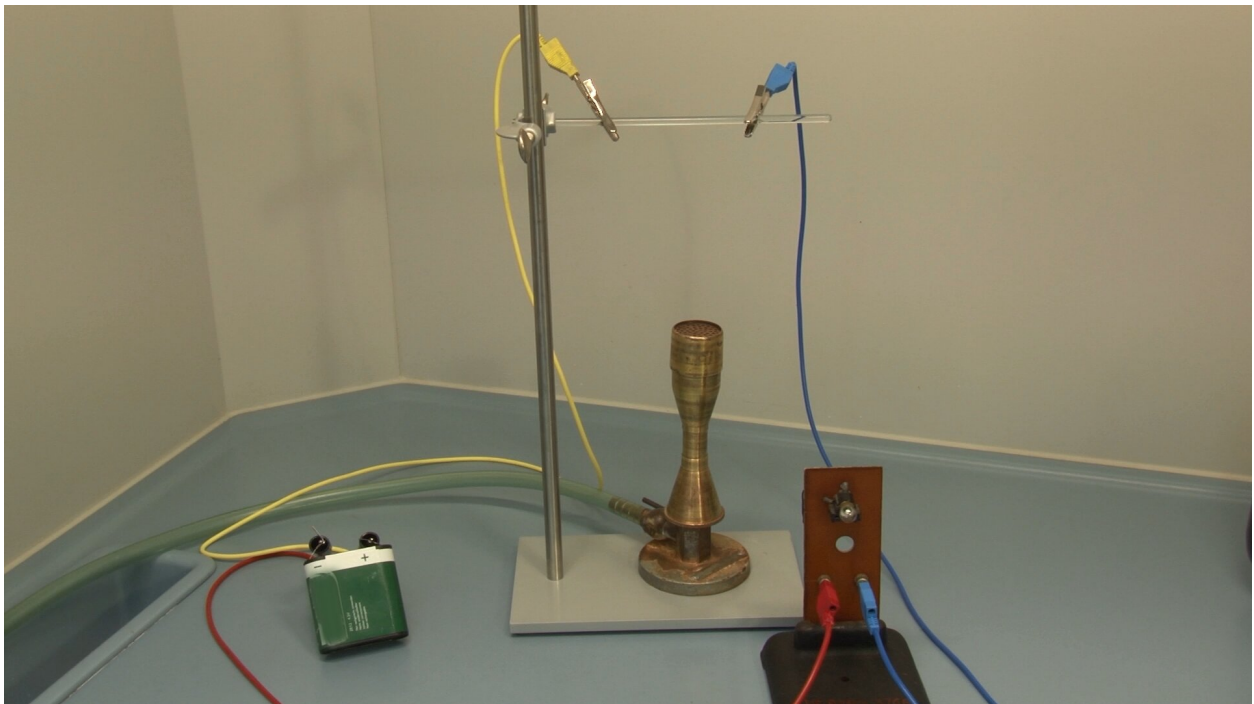
gdzie: R – opór przewodnika.

2. Opór elektryczny jest wielkością charakterystyczną przewodnika; zależy od jego długości, grubości oraz rodzaju materiału, z którego został wykonany przewodnik.
3. Jednostką oporu elektrycznego w układzie SI jest **om** (symbol – Ω).
4. Przewodnik ma opór 1 oma (1 Ω), jeśli napięcie 1 wolta (1 V) wywoła w nim przepływ prądu o natężeniu 1 ampera (1 A):
$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$
5. Wykresem zależności natężenia prądu (I) płynącego przez opornik (R) od napięcia (U) jest linia prosta. Kąt nachylenia prostej zależy od oporu R : im większy kąt nachylenia, tym mniejszy opór.



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

4. Obwody prądu elektrycznego

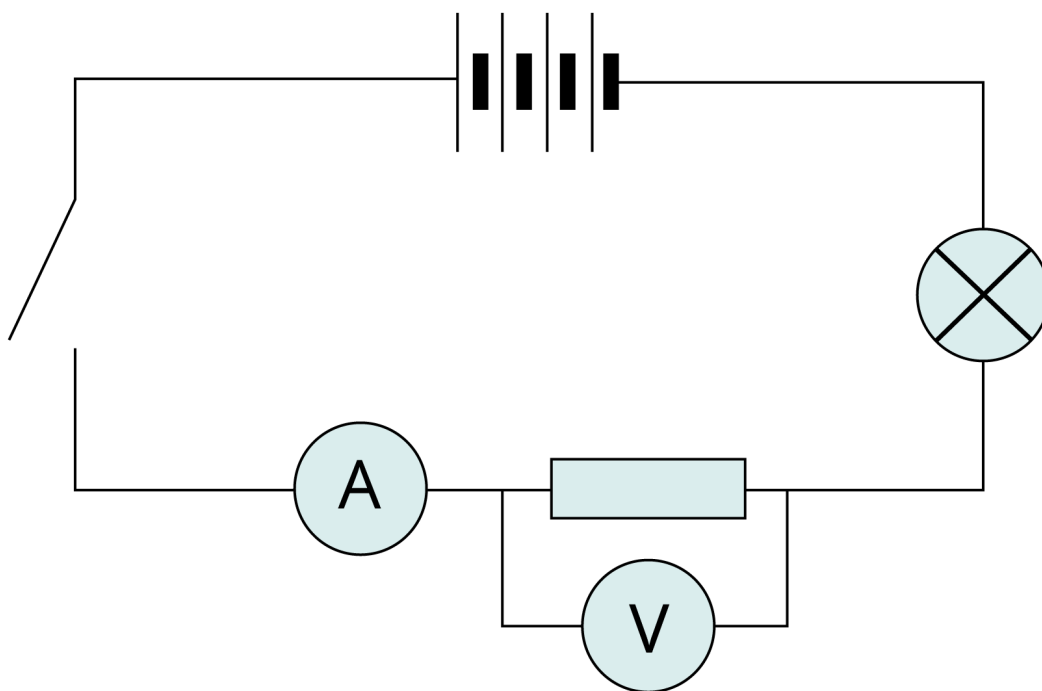


Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

1. **Obwodem elektrycznym** nazywamy zestaw przewodników, źródeł napięcia, włączników, wyłączników, oporników i innych odbiorników energii elektrycznej (takich jak żarówka, silnik elektryczny, grzałka) połączonych w sposób umożliwiający przepływ prądu.

2. Z obwodów elektrycznych zbudowane jest każde urządzenie elektryczne lub elektroniczne (telewizor, komputer, lodówka, pralka), a także fragmenty układu nerwowego człowieka i innych organizmów żywych.

5. Schemat obwodu elektrycznego



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

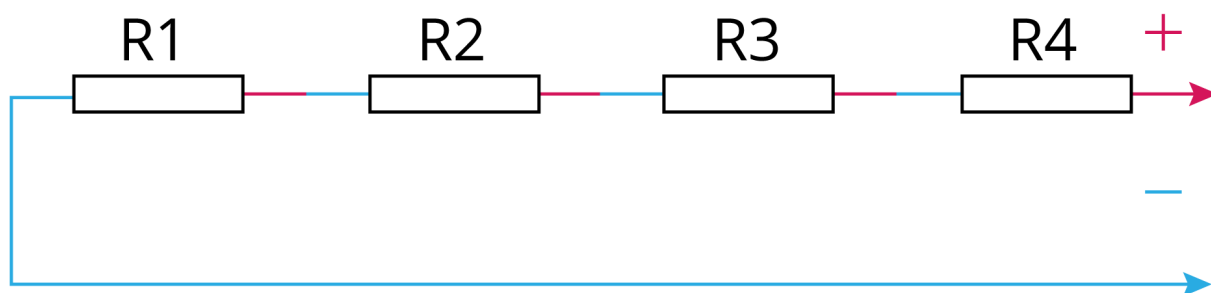
Schemat obwodu elektrycznego – rysunek elementów obwodu przedstawionych za pomocą ustalonych symboli graficznych.

Oto wykaz symboli graficznych niektórych elementów obwodów elektrycznych:

	włącznik otwarty		włącznik zamknięty
	ogniwo		przewód
	żarówka		opornik
	ampero- mierz		woltomierz

Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

6. Szeregowe łączenie oporników



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

- Przez wszystkie oporniki połączone szeregowo płynie prąd o takim samym natężeniu:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I$$
- Napięcie przyłożone do układu oporników połączonych szeregowo rozdziela się na poszczególne oporniki, a suma napięć na poszczególnych opornikach równa jest

napięciu całkowitemu:

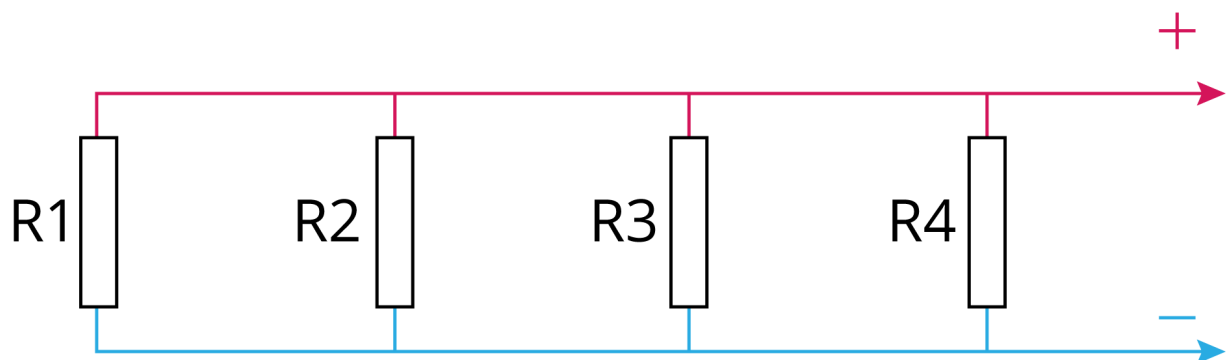
$$U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = U$$

3. Opór całkowity (zastępczy) oporników połączonych szeregowo jest sumą oporów poszczególnych oporników:

$$R_{\text{szere.}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

4. Uszkodzenie jednego z odbiorników połączonych szeregowo sprawia, że przepływ prądu jest niemożliwy także w pozostałych odbiornikach.

7. Równoległe łączenie oporników



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

1. Natężenie prądu płynącego przez układ oporników połączonych równolegle jest sumą natężeń prądów płynących przez poszczególne oporniki:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

2. Napięcie przyłożone do układu oporników połączonych równolegle i napięcie na każdym z nich mają taką samą wartość:

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U$$

3. Aby obliczyć odwrotność oporu całkowitego (zastępczego) w połączeniu równoległym, trzeba dodać do siebie odwrotności oporów poszczególnych odbiorników:

$$\frac{1}{R_{\text{równ.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

4. Uszkodzenie jednego z odbiorników połączonych równolegle nie zakłóca przepływu prądu w pozostałych odbiornikach. Właśnie dlatego **odbiorniki energii elektrycznej w instalacji domowej połączone są równolegle.**

8. Moc prądu elektrycznego



Źródło: Hans (<https://pixabay.com>), Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

1. Moc prądu elektrycznego (P) – ilość energii elektrycznej (W) przekazanej elementowi obwodu elektrycznego w jednostce czasu (t):

$$P = \frac{W}{t}$$

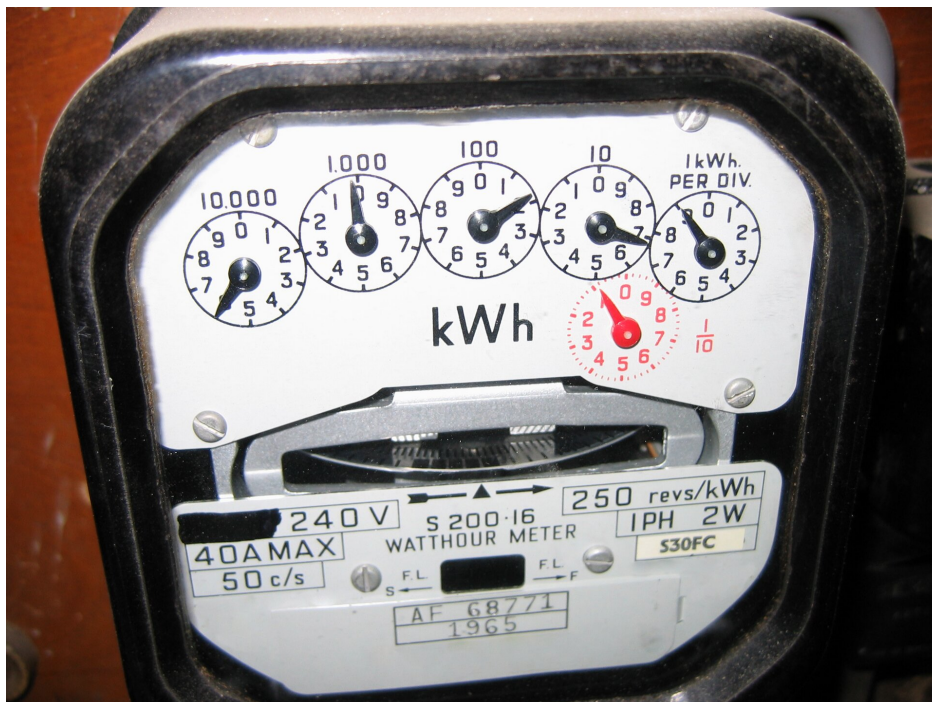
2. Moc prądu elektrycznego równa jest iloczynowi napięcia elektrycznego (U) i natężenia prądu elektrycznego (I) wywołanego tym napięciem:

$$P = U \cdot I.$$

Jeśli uwzględnimy prawo Ohma ($\frac{U}{I} = R$), $P = \frac{U^2}{R}$ lub $P = I^2 \cdot R$.

3. Napis „2000 W, 230 V” na urządzeniu elektrycznym oznacza, że jeśli podłączymy je do napięcia 230 voltów, to prąd płynący w tym urządzeniu spowoduje wydzielenie mocy 2000 watów.

9. Praca prądu elektrycznego



Źródło: Mike1024 (<https://commons.wikimedia.org>), edycja: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

1. Prąd płynący przez urządzenie elektryczne czerpie energię ze źródła napięcia (baterii, akumulatora, elektrowni). Kosztem tej energii wykonuje pracę mechaniczną lub zamienia ją na inne formy energii (energia cieplna, światło, dźwięk itp.).

2. Ilość pobranej energii jest równa pracy wykonanej przez prąd, co możemy zapisać symbolicznie:

$$W_{\text{prądu}} = E_{\text{elektryczna}}$$

3. Aby obliczyć wartość pracy prądu płynącego w urządzeniu o mocy (P), mnożymy tę moc przez czas (t) pracy tego urządzenia:

$$W_{\text{prądu}} = P \cdot t$$

4. Jeśli moc urządzenia wyrazimy w kilowatach (kW), a czas – w godzinach (h), to otrzymamy jednostkę pracy (energii) zwaną kilowatogodziną (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h}$$

Jednostka ta nie należy do układu SI.

5. Kilowatogodziny przeliczamy na jednostki układu SI, czyli dżule, w następujący sposób:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ W} \cdot \text{s} = 3600000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

6. Ponieważ moc prądu (P) jest iloczynem napięcia i natężenia prądu ($P = U \cdot I$), pracę prądu możemy obliczyć ze wzoru:

$$W_{\text{prądu}} = U \cdot I \cdot t$$

10. Wyznaczanie oporu opornika



Źródło: jeff_golden (<https://www.flickr.com/>), licencja: CC BY-SA 2.0.

Aby wyznaczyć opór elektryczny opornika (lub innego elementu), należy:

- zbudować obwód elektryczny składający się z: przewodów elektrycznych, źródła napięcia, opornika (lub innego badanego elementu), amperomierza, woltomierza i wyłącznika;
- włączyć zasilanie obwodu i zmierzyć napięcie na końcach opornika oraz natężenie prądu płynącego przez opornik;
- obliczyć opór elektryczny (R) – podzielić napięcie (U) przez natężenie (I):

$$R = \frac{U}{I}$$

11. Wyznaczanie mocy żarówki



Źródło: GLammel (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

Aby wyznaczyć moc prądu płynącego w żarówce (lub innym elemencie obwodu), należy:

1. Zbudować obwód elektryczny składający się z: przewodów elektrycznych, źródła napięcia, żarówki (lub innego badanego elementu), amperomierza, woltomierza i wyłącznika.
2. Włączyć zasilanie obwodu i zmierzyć napięcie przyłożone do żarówki oraz natężenie prądu płynącego przez żarówkę.
3. Obliczyć moc prądu (P), mnożąc napięcie (U) przez natężenie (I), czyli ze wzoru:
$$P = U \cdot I$$

12. Test

Ćwiczenie 1

Uzupełnij lukę.

Przez żarówkę przepływa 2 C ładunku w ciągu 4 sekund. Natężenie tego prądu wynosi

A.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Jeśli do opornika przyłożymy napięcie o wartości N , to popłynie w nim prąd o natężeniu T . Wskaż wzory, które pozwolą na obliczenie oporu O tego przewodnika.

☐ $N = \frac{O}{T}$

☐ $O = N \cdot T$

☐ $T = N \cdot O$

☐ $N = \frac{T}{O}$

☐ $N = O \cdot T$

☐ $T = \frac{N}{O}$

☐ $O = \frac{T}{N}$

☐ $O = \frac{N}{T}$

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Opór elektryczny obwodu zegara elektrycznego wynosi $180\text{ k}\Omega$. Zegar zasilany jest baterią 9 V .

Natężenie prądu płynącego w obwodzie zegara wynosi

☐ $0,5\text{ A}$.

☐ $0,00005\text{ A}$.

☐ $0,0005\text{ A}$.

☐ $0,05\text{ A}$.

☐ $50\text{ }\mu\text{A}$.

☐ $0,05\text{ mA}$.

☐ 20 A .

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Uporządkuj w kategorii.

połączenie szeregowe oporników

stosuje się w instalacji domowej i samochodowej

opór zastępczy jest mniejszy od najmniejszego z oporników

połączenie równoległe oporników

napięcie na końcach każdego z połączonych oporników jest takie samo

natężenie całkowite dzieli się na poszczególne oporniki

napięcie całkowite dzieli się na poszczególne oporniki

natężenie prądu jest takie samo dla każdego z połączonych oporników

opór zastępczy jest większy od największego z oporników

opór zastępczy jest sumą oporów łączonych elementów

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Uzupełnij lukę.

Kolumna głośnikowa składa się z dwóch połączonych równoległe głośników o oporach

$$R_1 = 6 \, \Omega \text{ i } R_2 = 4 \, \Omega.$$

Opór zastępczy kolumny wynosi Ω .

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Na rachunku za energię elektryczną widnieje napis „Zużycie energii – 200 kWh”. Jaka jest wartość zużytej energii wyrażona w dżulach? Wybierz wszystkie dobre odpowiedzi.

☐ 72 MJ

☐ 720 MJ

☐ 720 000 000 J

☐ 7,2 MJ

☐ 3,6 MJ

☐ 200 000 J

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

W słuchawkach telefonicznych zamontowano 2 głośniczki o oporze $32\ \Omega$ każdy. Zaznacz prawdziwe zdania dotyczące słuchawek.

☐ Głośniczki połączone są szeregowo i opór całkowity słuchawek wynosi $64\ \Omega$.

☐ Głośniczki są połączone szeregowo i uszkodzenie jednego zawsze powoduje zaprzestanie działania drugiego.

☐ Głośniczki są połączone równolegle, ponieważ uszkodzenie jednego nie wyklucza działania drugiego.

☐ Głośniczki połączone są równolegle i opór całkowity słuchawek wynosi $64\ \Omega$.

☐ Głośniczki połączone są równolegle i opór całkowity słuchawek wynosi $16\ \Omega$.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Ile energii elektrycznej pobierze wkrętarka o mocy 400 W podczas wkręcania 300 śrub, jeśli wkręcenie jednej śruby trwa 3 sekundy?

☐ 0,36 kWh

☐ 6 kWh

☐ 0,1 kJ

☐ 360 000 J

☐ 360 kJ

☐ 1 kWh

☐ 0,1 kWh

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Ładowarka telefonu ma moc 23 W. Za ile kilowatogodzin energii zapłaci użytkownik telefonu, jeśli ładował telefon przez 2 godziny?

☐ 11,5 kWh

☐ 0,0115 kWh

☐ 46 kWh

☐ 0,046 kWh

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 11

Bateria składa się z sześciu ogniw połączonych szeregowo. Opór każdego z nich wynosi $0,6\ \Omega$.
Opór zastępczy całej baterii wynosi

☐ $6,6\ \Omega$.

☐ $1,2\ \Omega$.

☐ $3,6\ \Omega$.

☐ $0,1\ \Omega$.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 12

Dobierz jednostkę do wielkości fizycznej.

amper

opór elektryczny

wolt

natężenie prądu

kilowatogodzina

moc prądu

wat

napięcie elektryczne

om

praca prądu

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 13

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

13. Zadania

Polecenie 1

Żelazko jest zasilane napięciem 230 V. W grzałce żelazka płynie prąd o natężeniu $I = 5 \text{ A}$.

1. Oblicz ładunek przepływający przez przekrój tej grzałki w ciągu 5 minut. Wskazówka: pamiętaj o zamianie jednostek.
2. Oblicz opór tego żelazka.

Polecenie 2

Podczas burzy w ziemię uderzył piorun. Czas wyładowania wynosił $t = 0,3 \text{ ms}$ (milisekundy), a ładunek q przeniesiony między chmurą a ziemią miał zaś wartość 6 C.

1. Oblicz natężenie prądu w tym piorunie (błyskawicy).
2. Oblicz pracę potrzebną do przeniesienia ładunku elektrycznego, jeśli napięcie U między ziemią a chmurą wynosiło 10 000 000 V.
3. Chmura była naelektryzowana dodatnio. Napisz, w którą stronę poruszały się dodatnie jony powietrza podczas tego wyładowania.

Polecenie 3

Narysuj schemat obwodu, jaki należy zbudować, aby wyznaczyć moc suszarki elektrycznej.

Polecenie 4

Na żarówce znajduje się napis: „3,5 V; 6 W”.

1. Podaj nazwy wielkości fizycznych, których wartości podane są w tym opisie.
2. Czy można tę żarówkę podłączyć do baterii wytwarzającej napięcie 9 V? Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 5

Podczas zabiegów leczniczych stosuje się prąd o małym natężeniu, który przepływa przez chore części ciała. W czasie takich zabiegów natężenie prądu stałego nie może przekraczać 14 mA. Jaką maksymalną wartość może mieć napięcie przyłożone do ręki pacjenta, jeśli wiadomo, że jej opór R (dokładnie: opór suchej skóry) wynosi 1 k Ω ?

Polecenie 6

Wiele urządzeń elektrycznych wyposażonych jest w lampkę kontrolną, która sygnalizuje, że przez urządzenie płynie prąd. Czy taka lampka połączona jest z obwodem szeregowo czy równolegle? Uzasadnij swój wybór.

Polecenie 7

* Przez spiralę grzejnika elektrycznego płynie prąd o natężeniu 10 A. Grzejnik zasilany jest napięciem 230 V.

1. Oblicz liczbę kilowatogodzin energii, jaką „zużyje” ten grzejnik podczas sześciu godzin pracy. Wskazówka: najpierw oblicz moc grzejnika i wyraż ją w kilowatach.
2. Otrzymaną liczbę kilowatogodzin wyraż w dżulach.

Sprawdzian wiadomości

Ważne!

Przed przystąpieniem do rozwiązywania zadań przygotuj kartkę papieru i przybory do pisania. Może przydać się również kalkulator.

Ćwiczenie 1

Przez przewód łączący zasilacz z laptopem płynie prąd o natężeniu $I = 3,4 \text{ A}$. Oblicz ładunek, jaki zostanie przeniesiony przez ten przewód w ciągu pół godziny?

☐ 1,7 C

☐ 6 120 A

☐ 6,12 kC

☐ 6 120 C

☐ 6 120 V

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Uporządkuj w kategorii.

praca prądu elektrycznego

zależy od napięcia i natężenia prądu

może być zamieniona na ciepło, światło, dźwięk

moc prądu elektrycznego

nie zależy od czasu przepływu prądu

zależy od czasu przepływu prądu

zależy od napięcia i natężenia prądu

mierzona jest w dżulach

mierzona jest w watach (kilowatach, miliwatach itd.)

mierzona jest w kilowatogodzinach

Ćwiczenie 3

Które z poniższych twierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Napięcie elektryczne jest czynnikiem wywołującym przepływ prądu.	☐	☐
Lodówka i żarówka oświetlająca kuchnię połączone są równolegle.	☐	☐
Dwukrotne zmniejszenie napięcia zasilającego grzejnik prowadzi do dwukrotnego zmniejszenia natężenia prądu płynącego przez ten grzejnik, jeżeli jego opór będzie stały.	☐	☐
Kilowatogodzina jest jednostką pracy prądu elektrycznego.	☐	☐
Lodówka i żarówka oświetlająca kuchnię połączone są szeregowo.	☐	☐
Dwukrotne zmniejszenie napięcia zasilającego grzejnik prowadzi do dwukrotnego zwiększenia natężenia prądu płynącego przez ten grzejnik, jeżeli jego opór będzie stały	☐	☐
Kilowatogodzina jest jednostką mocy prądu elektrycznego.	☐	☐
Amperomierz łączymy równolegle z tym elementem obwodu, którego prąd chcemy zmierzyć.	☐	☐
Natężenie prądu mierzymy woltomierzem.	☐	☐

Ćwiczenie 4

Dobierz przyrząd do pomiaru wielkości fizycznej

natężenie prądu

woltomierz

praca prądu

licznik energii elektrycznej

napięcie elektryczne

stoper

czas

amperomierz

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Uzupełnij lukę.

Przez żelazko przyłączone do źródła napięcia 230 V płynie prąd o natężeniu 2 A.

Po podłączeniu tego żelazka do napięcia 115 V natężenie prądu będzie wynosiło

A.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Narysuj schemat obwodu, jaki należy zbudować, aby wyznaczyć moc żarówki. Użyj właściwych symboli graficznych oraz sporządź spis użytych elementów i przyrządów.

Polecenie 2

Na czajniku elektrycznym znajduje się napis: „230 V, 2 kW”.

1. Zapisz nazwy wielkości fizycznych, których wartość podana jest w tym opisie.
2. Oblicz energię (w kWh) pobraną przez ten czajnik w ciągu 5 minut.
3. Oblicz natężenie prądu płynącego przez grzałkę czajnika.

Polecenie 3

Do źródła napięcia 12 V przyłączono dwie jednakowe żarówki połączone szeregowo. W żarówkach tych popłynął prąd o natężeniu 0,5 A.

1. Oblicz opór układu żarówek.
2. Jaką wartość osiągnie prąd w tym obwodzie, gdy pozostawimy w nim tylko jedną żarówkę? Odpowiedź uzasadnij.

Oddziaływania magnetyczne

Już w starożytności zaobserwowano, że niektóre ciała przyciągają inne ciała. O ile bursztyn należy potrząść, aby przyciągał włosy czy skrawki sukna, o tyle magnesy przyciągają zawsze, ale tylko przedmioty wykonane z żelaza. Starożytni odkryli również, że magnes może spowodować, że inne ciało zrobione z żelaza uzyska własności magnetyczne, jeśli tylko będzie znajdowało się wystarczająco blisko magnesu. Zauważyli także, że dwie strony magnesu mają różne właściwości – zwrócone do siebie magnesy mogły się albo przyciągać, albo odpychać.

O tym wszystkim wiesz z pierwszej klasy gimnazjum. Dziś poznasz prawa pozwalające zrozumieć, dlaczego oddziaływania magnetyczne są tak szeroko wykorzystywane.



Fascynacja człowieka magnesami oraz dążenie do odkrywania nowych typów materiałów doprowadziły do odkrycia ferrofluidów – substancji o właściwościach zbliżonych do cieczy, lecz reagujących na obecność pola magnetycznego. Ferrofluidy doskonale nadają się do demonstrowania kształtów pól magnetycznych różnych przedmiotów

Już potrafisz

- stwierdzić, że jednym z rodzajów oddziaływań jest oddziaływanie magnetyczne;
- wymienić najprostsze właściwości magnesów, np. to, że zawsze posiadają dwa bieguny: północny i południowy;
- opisać fakt, że bieguny jednoimienne odpychają się, a różnoimienne – przyciągają;
- stwierdzić, że magnesy oddziałują na substancje wykonane z żelaza i stopów zawierających żelazo;
- wymienić niektóre zastosowania magnesów, np. w nawigacji (kompas).

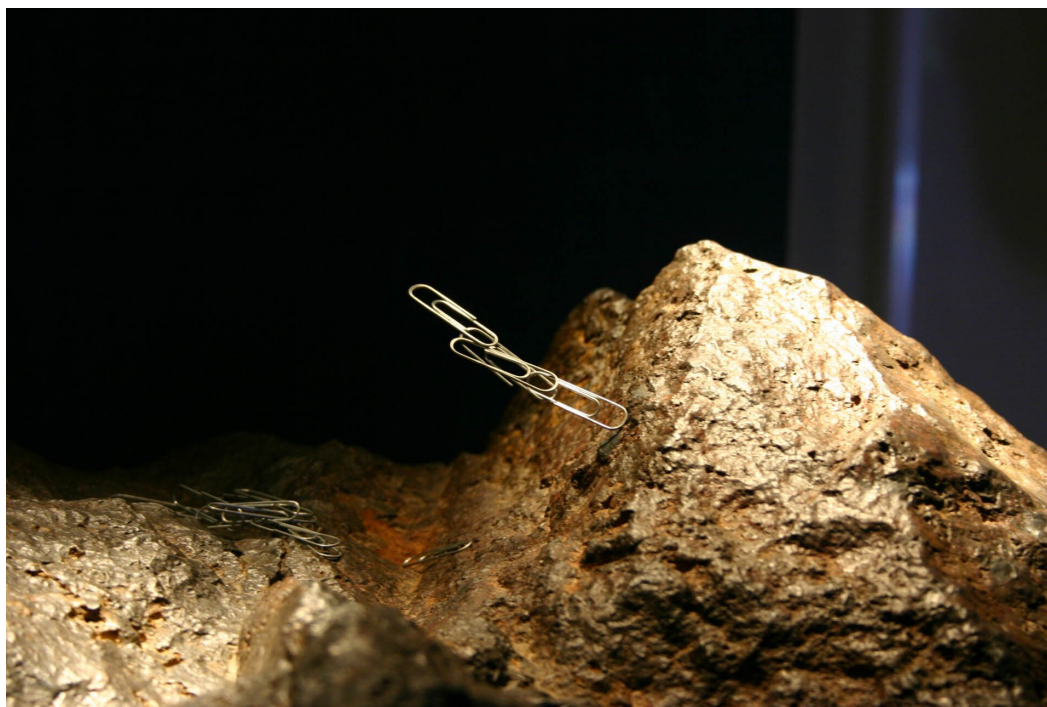
Nauczysz się

- nazywać bieguny magnesów trwałych;
- opisywać oddziaływanie między magnesami;

- wykazać doświadczalnie, że magnes ma dwa bieguny;
- przeprowadzać doświadczenia prezentujące właściwości magnetyczne różnych substancji;
- podać przykłady wykorzystania oddziaływania magnetycznego;
- opisywać pole magnetyczne Ziemi.

1. Przestrzeń wokół magnesu

Każdego dnia obserwujesz różne oddziaływania, które zachodzą na odległość, tzn. nie wymagają bezpośredniego kontaktu ciał. Do tej grupy oddziaływań zalicza się oddziaływania magnetyczne, znane są one ludzkości od wieków. [Tales z Miletu](#) uważał, że magnes ma duszę, która przyciąga żelazo. W dziełach [Arystotelesa](#) znajdują się informacje dotyczące właściwości magnesu. W późniejszych czasach powstawały legendy i baśnie o magnesach, rozpowszechniano poglądy, że właściwości magnetyczne można zniszczyć przez potarcie diamentem. Obecnie wiadomo, że oddziaływania magnetyczne i elektryczne są ze sobą ściśle powiązane, ale więcej dowiesz się o tym na kolejnych lekcjach.



Magnetyt to minerał, który przyciąga przedmioty wykonane ze stali

Magnesami nazywamy wszystkie ciała, które przyciągają lub odpychają żelazo bądź inne magnesy. Kiedyś to określenie stosowano tylko w odniesieniu do rud [magnetytu](#) lub pirytu.

Magnes przyciąga spinacze, szpilki i inne przedmioty, które zostały wykonane ze stali. Wiesz już, że [stal](#) jest stopem żelaza i węgla. Zastanów się, czy spinacze będą jednakowo przyciągane przez cały magnes w każdym punkcie na jego powierzchni.

Doświadczenie 1

Badanie przestrzeni wokół magnesu sztabkowego.

Co będzie potrzebne

- magnes sztabkowy;
- kilka spinaczy.

Instrukcja

1. Połóż spinacze na stole.
2. Zbliź do nich magnes.
3. Zwróć uwagę, w jaki sposób spinacze przylgnęły do magnesu. Gdzie jest ich najwięcej?
4. Zbliź magnes jednym, a następnie drugim końcem. Czy spinacze zostały przyciągnięte?
5. Spróbuj zbliżyć środek magnesu do spinacza. Czy został on przyciągnięty?

Ćwiczenie 1

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia oceń prawdziwość zdań i zaznacz stwierdzenia prawdziwe.

☐

Najwięcej spinaczy gromadzi się na końcach magnesu, ponieważ znajdują się w jednakowych odległościach od środka magnesu.

☐

Najwięcej spinaczy gromadzi się na końcach magnesu, więc tam działa na nie największa siła przyciągania magnetycznego.

☐

Spinacze nie są przyciągane do środka magnesu, ponieważ nie działa na nie siła magnetyczna w tym miejscu.

☐

Najwięcej spinaczy gromadzi się na końcach magnesu, więc tam nie działa na nie siła przyciągania magnetycznego.

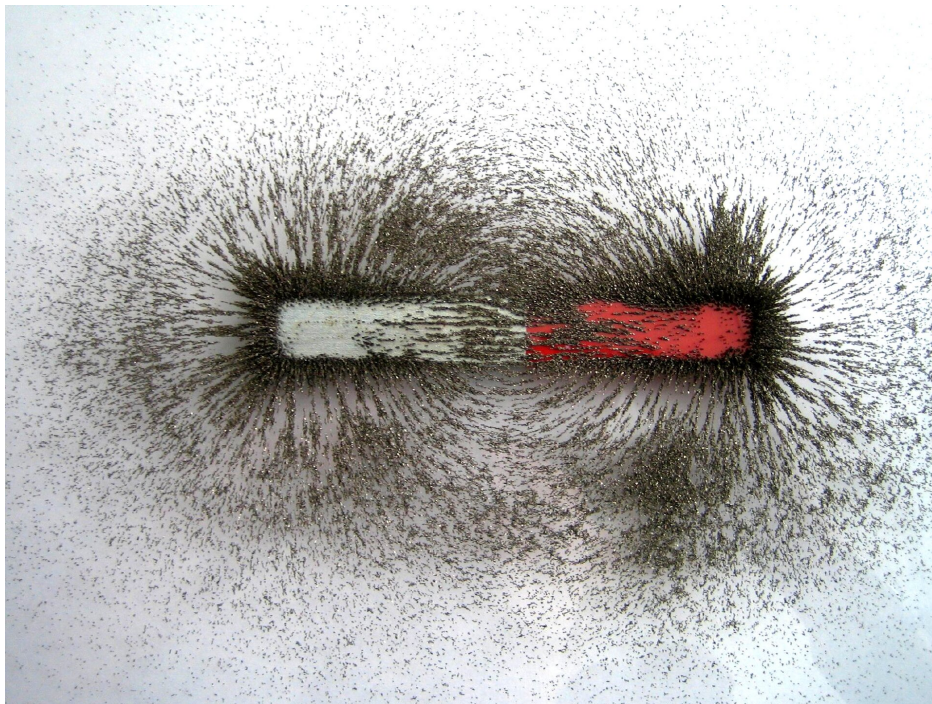
Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Najwięcej spinaczy gromadzi się na końcach magnesu (nazywanych biegunami), ponieważ siła przyciągania magnetycznego jest tam największa. Natomiast na środku magnesu ma ona najmniejszą wartość. W przestrzeni wokół magnesu działają siły magnetyczne, które tworzą [pole magnetyczne](#).

pole magnetyczne

– przestrzeń, w której działają siły magnetyczne.

Pole magnetyczne jest niewidoczne, ale wykorzystując opiłki żelaza, możesz zaobserwować skutki jego działania.



Opilki żelaza układają się w charakterystyczny sposób – tworzą linie wokół magnesu. Linie te ilustrują kształt pola magnetycznego, jakie wytworzyło się wokół magnesu sztabkowego

Większość opilków żelaza zbiera się w pobliżu biegunów, a reszta układa się wzdłuż linii pola. Obrazują one linie pola magnetycznego występującego wokół magnesu. Opilki żelaza się magnesują, tzn. zyskują właściwości magnetyczne i stają się małymi magnesami, które wzajemnie się przyciągają.

Magnes ma dwa bieguny – północny i południowy. Jeżeli zawiesimy magnes na sznurku i pozwolimy mu obracać się swobodnie, to swoją osią ustawi się wzdłuż geograficznej linii północ – południe. Przyjęto, że północny biegun magnesu pokazuje północ geograficzną Ziemi. Nasza planeta jest ogromnym magnesem, którego południowy biegun magnetyczny znajduje się w pobliżu północnego bieguna geograficznego, a północny biegun magnetyczny – w pobliżu południowego bieguna geograficznego.

Bieguny północny (N) i południowy (S), które występują razem, nazywamy **dipolem magnetycznym**.

Wiesz już, że magnes posiada dwa bieguny. Co się stanie, gdy przepiłujesz go w połowie? Okaże się, że każdy z dwóch kawałków, które w ten sposób powstaną, będzie tworzył dwubiegunowy magnes. Nie można otrzymać ciała z tylko jednym biegunem. Dowiesz się, dlaczego tak się dzieje, jeśli wybierzesz program rozszerzony fizyki w liceum.

Ciekawostka

Fizycy próbowali wykazać istnienie pojedynczego bieguna magnetycznego, który roboczo nazwano monopolem magnetycznym. Miał on być nośnikiem tylko jednego bieguna magnetycznego (północnego lub południowego). Jednak próby te zakończyły się niepowodzeniem. Wszystkie badane magnesy mają dwa bieguny.

dipol magnetyczny

– układ dwóch biegunów magnetycznych: północnego i południowego. Przykładem dipola magnetycznego jest magnes.

Ćwiczenie 2

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Magnes sztabkowy jest dipolem magnetycznym.	☐	☐
Każdy magnes ma dwa bieguny magnetyczne północny i południowy.	☐	☐
W przyrodzie występują dipole i monopole magnetyczne.	☐	☐
Nie szukano monopoli magnetycznych.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Dotąd zajmowaliśmy się oddziaływaniem między magnesem a spinaczami czy opilkami żelaza. Zastanów się, czy dwa magnesy przyciągają się czy odpychają. W tych rozważaniach pomogą ci doświadczenia.

Doświadczenie 2

Badanie oddziaływania między dwoma magnesami.

Co będzie potrzebne

- dwa magnesy (najlepiej sztabkowe);
- gładka powierzchnia stołu.

Instrukcja

1. Połóż magnesy na stole. Umieść je w pewnej odległości od siebie.
2. Zbliź jeden magnes do drugiego.
3. Zaobserwuj, czy magnesy się przyciągają czy odpychają.
4. Odwróć jeden magnes i ponownie zbliź go do drugiego magnesu.
5. Ponownie zaobserwuj zachowanie się magnesów.

Podsumowanie

Magnesy zbliżone tymi samymi biegunami się odpychają, a przeciwnymi – przyciągają.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij puste miejsca.

Magnesy zbliżone do siebie dwoma biegunami północnymi , identycznie jak magnesy zbliżone biegunami . W przypadku zbliżenia biegunami przeciwnym - północnym i południowym magnesy .

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Oba doświadczenia miały identyczne wyniki. Gdy magnesy były zbliżane biegunami **jednoimiennymi** (tymi samymi), to wzajemnie się odpychały. Natomiast gdy były zbliżane biegunami **różnoimiennymi** (przeciwnymi) – przyciągały się.

Zapamiętaj!

Bieguny jednoimienne magnesów się odpychają się, a bieguny różnoimienne – przyciągają.

Zajmiemy się teraz oddziaływaniem między magnesami a różnymi substancjami. Magnes przyciąga różne przedmioty wykonane ze stali, która zawiera żelazo. Czy może przyciągać przedmioty wykonane z innych substancji? Aby to sprawdzić, wykonaj poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 3

Badanie właściwości magnetycznych różnych substancji.

Co będzie potrzebne

- magnes;
- plastikowa linijka;
- stół;
- monety: 1-groszowa, 1-złotowa;
- kartka papieru;
- folia aluminiowa;
- kawałek przewodu miedzianego;
- pierścionelek lub kolczyki – złote i srebrne;
- magnes na lodówkę;
- szpilki ze stali.

Instrukcja

1. Do każdego przedmiotu zbliż magnes.
2. Zaobserwuj, które przedmioty zostaną przyciągnięte.

Podsumowanie

Przez magnes zostały przyciągnięte: stalowe szpilki i magnes na lodówkę. Pozostałe przedmioty, wykonane z miedzi, złota, srebra i aluminium – się nie poruszyły. Przedmioty dzielimy więc na te, które są przyciągane przez magnes, i te, które na niego nie reagują.

Materiały, które są silnie przyciągane przez magnes, nazywamy ferromagnetykami. Zaliczane są do nich: żelazo, nikiel, kobalt i niektóre pierwiastki oraz ich stopy, np. stal. W naszym otoczeniu występują pierwiastki, które praktycznie wcale nie reagują na pole magnetyczne: gazy szlachetne, miedź, złoto, krzem, grafit oraz lit, sód i potas. Pierwiastki te dzielą się na diamagnetyki (słabo odpychane) i paramagnetyki (słabo przyciągane). O różnicy między nimi dowiesz się w liceum.

ferromagnetyki

– substancje silnie przyciągane przez magnes, np. żelazo, nikiel, kobalt i ich stopy.

Ciekawostka

Pole magnetyczne przenika niemal przez wszystkie materiały, nawet przez metale. Wyjątkiem jest żelazo. W kryształach żelaza sąsiednie atomy oddziałują na siebie, gdyż wytwarzają pole magnetyczne. Wzajemne oddziaływanie prowadzi do porządkowania struktury, co wpływa na właściwości magnetyczne dużych obszarów (w porównaniu z rozmiarem atomów), które nazywane są domenami magnetycznymi. Można je zobaczyć za pomocą odpowiedniego mikroskopu.

Ćwiczenie 5

Przyporządkuj wymienione przedmioty do odpowiedniej grupy tj. ferromagnetyków silnie oddziałujących z magnesem i innych, słabo oddziałujących z magnesem.

Silnie oddziałujące - ferromagnetyki

rysik z ołówka

złote kolczyki

stalowa pinezka

kartka papieru

gwóźdź

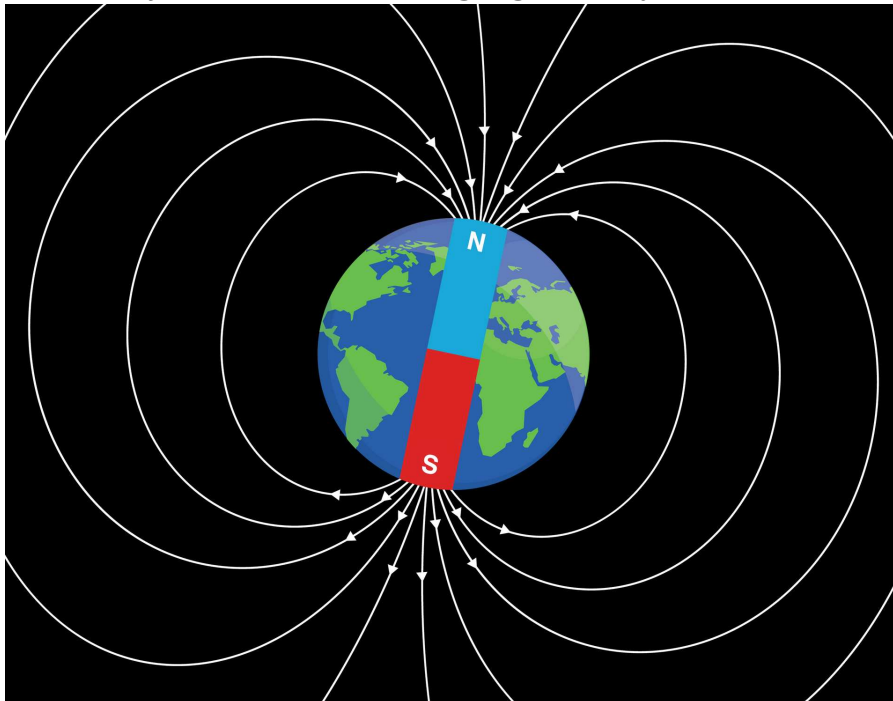
drewniana linijka

gumka do ścierania

Słabo oddziałujące

2. Pole magnetyczne Ziemi

Biegun północny igły magnetycznej skierowany jest ku południowemu biegunowi magnetycznemu. Wskazuje ona zatem północ geograficzną.



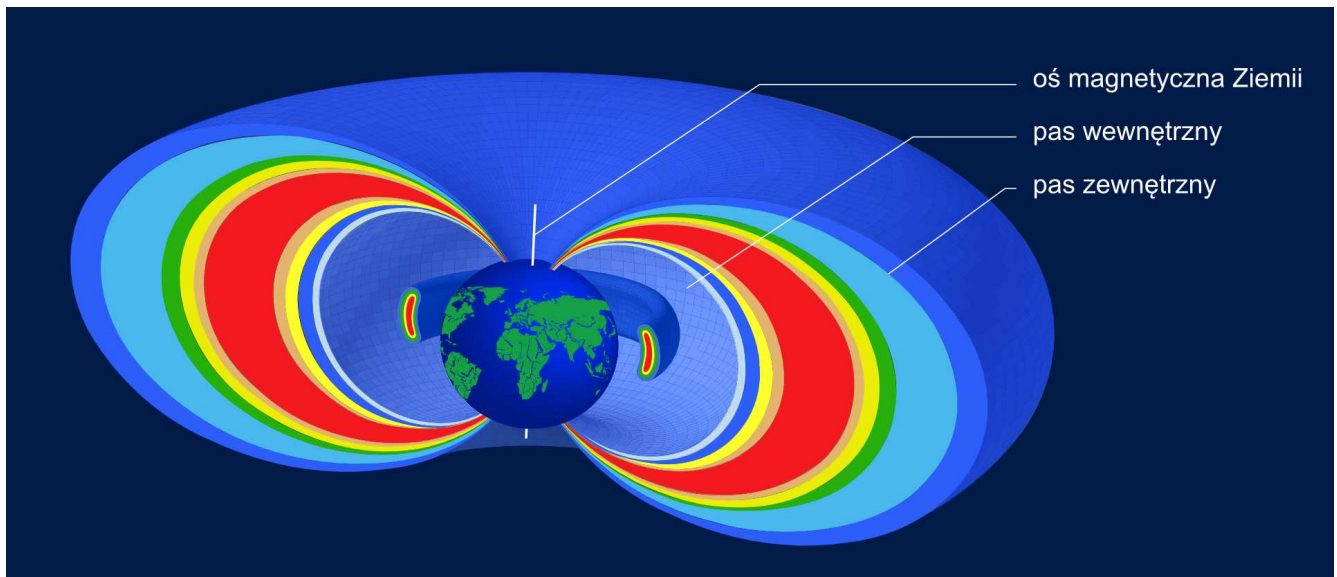
Rozkład linii pola magnetycznego wokół Ziemi

Do wyznaczania kierunków geograficznych służy kompas. Wewnątrz znajduje się igła magnetyczna, która ustawia się równolegle do linii ziemskiego pola magnetycznego. Północny biegun igły magnetycznej jest skierowany ku południowi magnetycznemu, ponieważ północny biegun igły jest przyciągany przez południowy magnetyczny biegun Ziemi.

Ciekawostka

Bieguny magnetyczne i geograficzne są względem siebie przesunięte. Oś magnetyczna Ziemi i oś jej obrotu się nie pokrywają. Południowy biegun magnetyczny jest oddalony o około 1800 km od północnego bieguna geograficznego i znajduje się w północnej części Kanady. Północny biegun magnetyczny usytuowany jest na południe od Australii. Kompas nie wskazuje więc dokładnie północy geograficznej.

Ciekawostka



Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Pasy radiacyjne zostały zarejestrowane przez satelitę amerykańskiego Explorer 1 i radzieckiego Sputnika 3. Składają się z dwóch pierścieni – zewnętrznego i wewnętrznego. W pasie zewnętrznym znajdują się cząstki naładowane (protony, elektrony) pochodzące prawdopodobnie ze Słońca.

Część cząstek naładowanych zostaje wciągnięta przez ziemskie pole magnetyczne i krąży w atmosferze między biegunami (po spiralnych torach, wzdłuż linii pola magnetycznego). Zmiany w ziemskim polu magnetycznym następują wskutek podwyższonej aktywności Słońca. Co pewien czas na naszej gwiazdzie dochodzi bowiem do burz elektromagnetycznych, które powodują, że wysyłana jest większa porcja promieniowania, czyli cząstek naładowanych. Zaburzenia pola magnetycznego prowadzą czasami do zbliżania się tych cząstek do powierzchni Ziemi. Pobudzają one gazy znajdujące się w atmosferze, które zaczynają świecić, co obserwujemy jako [zorzę polarną](#). Zjawisko to można często zobaczyć w okolicach koła podbiegunowego, a czasami również w Polsce.

Pasy wokół Ziemi (nazywane pasami Van Allena) stanowią bardzo ważne zabezpieczenie przed docieraniem cząstek promieniowania kosmicznego o wysokiej energii, które byłyby groźne dla życia na Ziemi.

Podsumowanie

- Każdy magnes jest dipolem, tzn. posiada dwa bieguny: północny (N) i południowy (S).
- Wokół magnesu występuje przestrzeń, w której działa siła magnetyczna. Przestrzeń ta nazywana jest polem magnetycznym.

- Pole magnetyczne przedstawia się symbolicznie za pomocą linii. Liniom tym nadaje się zwroty od bieguna północnego do południowego.
- Bieguny jednoimienne odpychają się, a różnoimienne – przyciągają.
- Jeżeli magnes przetniemy na dwie części, to każda z nich stanie się dwubiegunowym magnesem.
- Przedmioty wykonane z żelaza, kobaltu, niklu lub zawierające ich domieszki są przyciągane przez magnes. Materiały te nazywamy ferromagnetykami.
- Ziemia wytwarza wokół siebie pole magnetyczne. Północny biegun tego pola znajduje się blisko południowego bieguna geograficznego, a południowy biegun tego pola – w pobliżu północnego bieguna geograficznego. Oba bieguny magnetyczne bez przerwy zmieniają swoje położenie.

Praca domowa

Doświadczenie 4.1

Badanie pola magnetycznego wokół magnesu podkowiastego

Co będzie potrzebne

.

- magnes podkowiasty;
- igła magnetyczna;
- spinacze;
- opitki żelaza.

Instrukcja

1. Połóż spinacze na stole.
2. Zbliź do nich magnes. Zwróć uwagę, w jaki sposób zostały one przyciągnięte. Gdzie jest ich najwięcej?
3. Zbliź magnes jednym, a następnie drugim końcem. Czy spinacze zostały przyciągnięte przez oba bieguny? Spróbuj zbliżyć środek magnesu do spinacza. Czy tym razem spinacz został przyciągnięty?
4. Za pomocą igły magnetycznej wyznacz biegun południowy magnesu:
 1. Na sztywnej kartce rozsyp spinacze lub opitki żelaza.
 2. Pod sztywną kartkę podłóż magnes. Zaobserwuj, jak układają się linie pola magnetycznego wokół magnesu podkowiastego.

Podsumowanie

Wykonaj rysunek przedstawiający rozkład linii pola magnetycznego. Podpisz bieguny magnesu.

Słowniczek

bieguny jednoimienne

– para takich samych biegunów, tj. północ – północ, południe – południe.

bieguny różnoimienne

– para biegunów przeciwnych, tj. północ – południe.

magnetyt

– bardzo rozpowszechniony minerał; był znany już starożytnym Grekom, a jego nazwa pochodzi od dawnego miasta Magnesia leżącego w Turcji (obecnie nazywa się ono Manisa); minerał ten składa się z różnych tlenków żelaza.

polikryształ

– zbiór wielu małych, przypadkowo ułożonych kryształów.

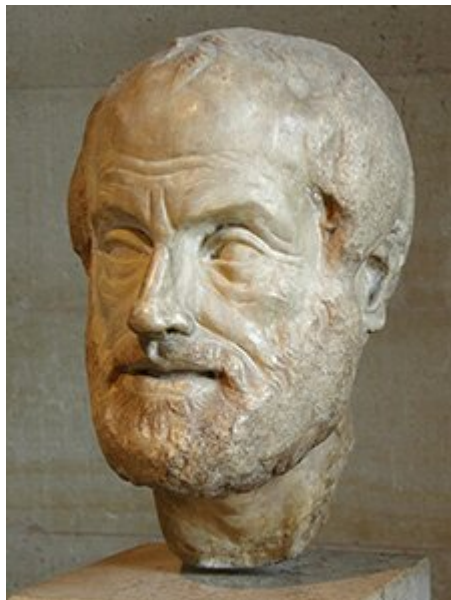
stal

– stop węgla i żelaza.

zorza polarna

– zjawisko świecenia gazów znajdujących się w atmosferze; zorza powstaje w wyniku zderzeń cząstek gazów z mającymi wysoką energię protonami i elektronami.

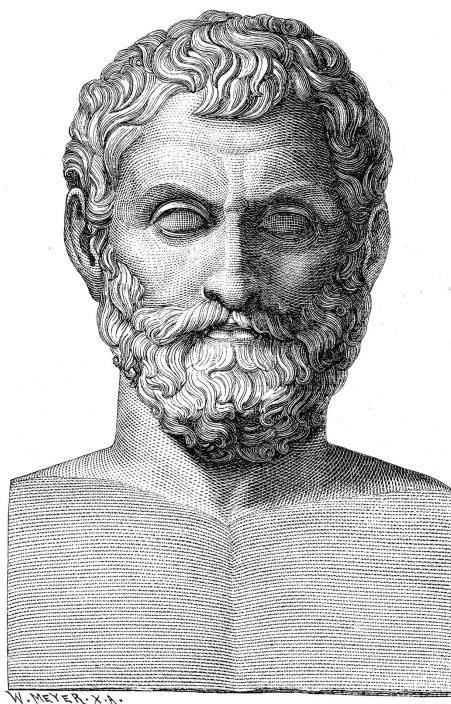
Biogramy



Źródło: Eric Gaba (<http://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 2.5.

384 p.n.e Stagira – 322 p.n.e Chalkis

Uczeń Platona, autor spójnego systemu wiedzy, który tłumaczy wszystkie aspekty świata ożywionego i nieożywionego. Swoje poglądy przedstawiał w pismach, które dotyczyły różnych dziedzin, tj. filozofii naturalnej, logiki, metafizyki, etyki, polityki, sztuki, retoryki, psychologii, fizyki i biologii.



Źródło: Ernst Wallis et al (<http://commons.wikimedia.org>), public domain.

Tales z Miletu

620 p.n.e Milet – 540 p.n.e

Tales z Miletu był zamożnym kupcem. Zyskał sławę, ponieważ przepowiedział zaćmienie Słońca (podał tylko rok, a nie dokładną datę). Wzbogacał swoją wiedzę dzięki podróżom, podczas których spotykał uczonych. Nie wiadomo, czy napisał jakieś dzieła, gdyż żadne się nie zachowały.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 6

Do pojęć dopasuj ich definicje.

dipol magnetyczny	układ dwóch biegunów magnetycznych występujących razem N i S
pole magnetyczne	magnes o jednym biegunie
monopol magnetyczny	układ tych samych biegunów N-N lub S-S
bieguny jednoimienne	obszar, w którym działają siły magnetyczne
bieguny różnoimienne	układ różnych biegunów N-S

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Oceń prawdziwość każdego zdania.

	Prawda	Fałsz
Północny biegun igły magnetycznej wskazuje magnetyczny biegun południowy.	☐	☐
Pole magnetyczne występuje wokół magnesów.	☐	☐
W przyrodzie występują monopole magnetyczne.	☐	☐
Aluminiowy kapsel jest przyciągany przez magnes.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Magnes przyciąga stalowe spinacze, ponieważ stal jest . Stal jest stopem węgla i . W żelazie atomy oddziałują na siebie, ponieważ wytwarzają pole . To oddziaływanie skutkuje uporządkowaniem na dużych obszarach, które nazywane są magnetycznymi.

aluminium

magnetyczne

niklu

elektryczne

grawitacyjne

monopolami

želaza

domenami

diamagnetykiem

kobaltu

dipolami

ferromagnetykiem

paramagnetykiem

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Rozwiąż krzyżówkę.

[illegible]

1. Prowadzono nad nim badania, ale go nie odkryto.
2. Stop węgla i żelaza.
3. Może być północny lub południowy.
4. Jedna z rud o właściwościach ferromagnetycznych.
5. Tales z...
6. Jeden z wielkich filozofów, uczeń Platona.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 10

Określ prawdziwość każdego zdania.

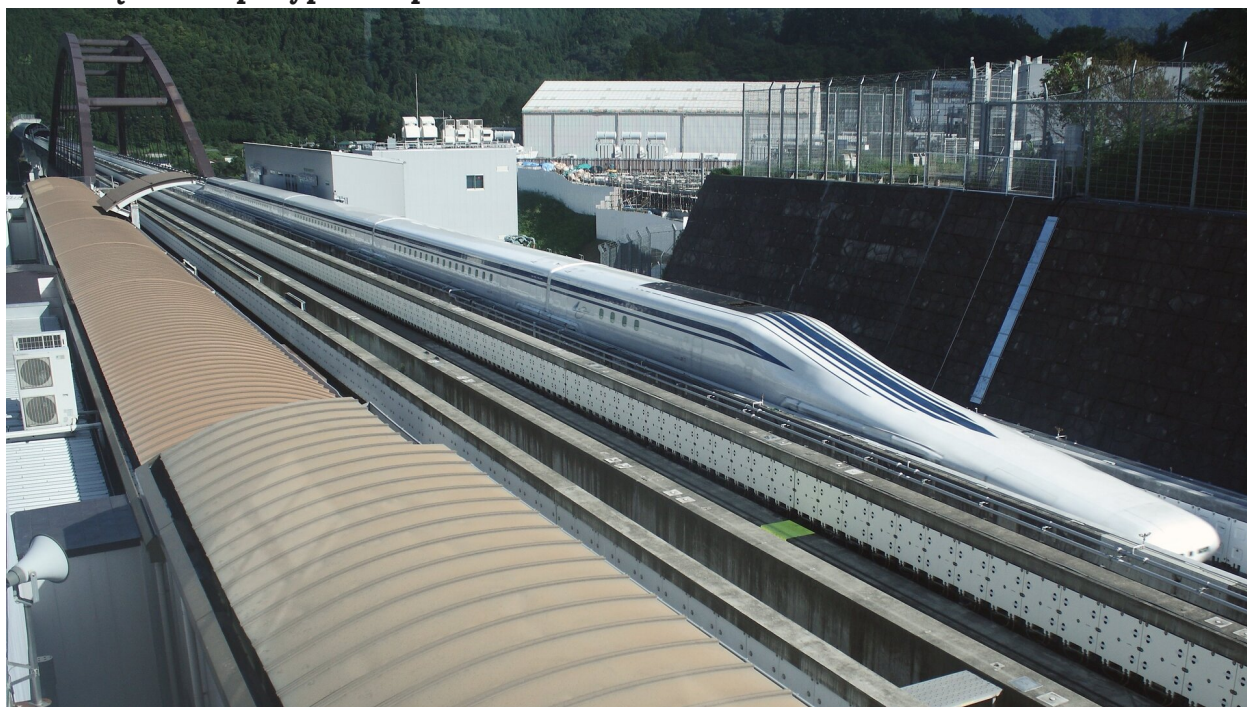
	Prawda	Fałsz
Bieguny geograficzne i magnetyczne Ziemi są względem siebie przesunięte.	☐	☐
Igła magnetyczna ustawia się prostopadle do linii ziemskiego pola magnetycznego.	☐	☐
Zorzę polarną można często obserwować na całej kuli ziemskiej.	☐	☐
Ziemskie pole magnetyczne nie ulega zmianom.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem.

Elektromagnesy i ich zastosowanie

Gdy rozsypimy drobne opiłki metalowe wokół magnesu i przewodnika, przez który przepływa prąd elektryczny, ułożą się one w określone kształty geometryczne. Wiesz już, że przyczyną tego zjawiska jest pole magnetyczne wytwarzane przez magnes. Czy tak samo będzie w przypadku przewodnika?



Elektromagnesy to urządzenia o szerokim znaczeniu praktycznym. Stosuje się je dosłownie wszędzie: od zamków w drzwiach, dzwonek do drzwi i głośników, przez urządzenia przemysłowe i szybką kolej, aż po aparaturę medyczną i badawczą

Już potrafisz

- opisać właściwości magnesu: każdy magnes jest dipolem, tzn. posiada dwa bieguny magnetyczne: północny (N) i południowy (S). Bieguny jednoimienne (dwa północne albo dwa południowe) się odpychają, a różnoimienne (północny i południowy) – przyciągają;
- podać definicję pola magnetycznego jako przestrzeni wokół magnesu, w której działają siły magnetyczne;
- stwierdzić, że północny biegun igły magnetycznej skierowany jest ku południowemu biegunowi magnetycznemu, a południowy biegun igły – ku północnemu biegunowi magnetycznemu;
- wymienić właściwości ferromagnetyków i podać ich przykłady (żelazo, kobalt, nikiel);
- stwierdzić, że wokół Ziemi znajduje się pole magnetyczne.

Nauczysz się

- badać pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem;

- opisywać i prezentować działanie elektromagnesu;
- omawiać rolę rdzenia w elektromagnesie;
- budować prosty elektromagnes;
- stosować elektromagnes.

Przygotuj przed lekcją:

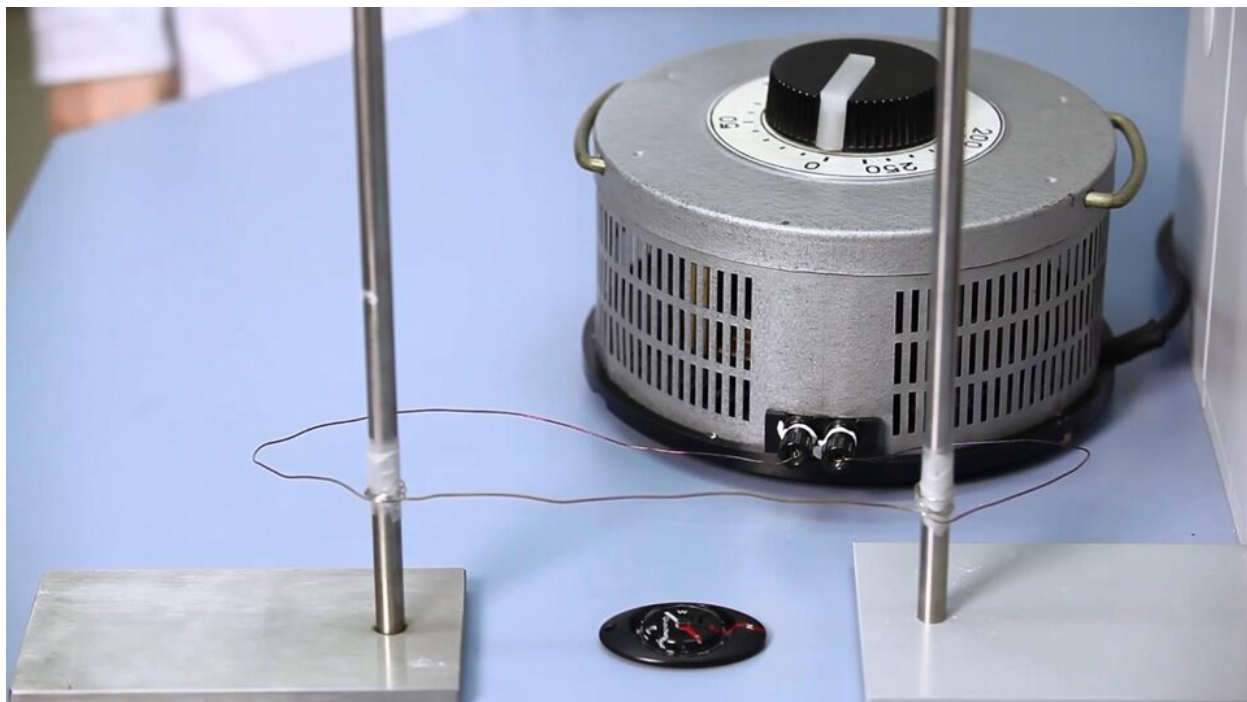
- miedziany przewód o długości 30–50 cm;
- baterię 4,5V;
- gwóźdź;
- igłę magnetyczną (lub kompas);
- drobne przedmioty, np.: spinacze, szpilki, pierścioneł, kolczyki, gumkę do ścierania, folię aluminiową;
- magnes;
- 2 złączki, tzw. krokodyłki.

Wskazówka

Możesz wykorzystać znajdujące się w wielu szkołach przewody zakończone wtyczkami oraz podstawkę do baterii i inne elementy znajdujące się w zestawach do nauki o elektryczności.

1. Pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem

Obecność pola magnetycznego można zbadać za pomocą igły magnetycznej. W pobliżu magnesu ustawia się ona wzdłuż linii sił pola magnetycznego i wskazuje biegun południowy. Za pomocą igły magnetycznej wyznacza się położenie biegunów magnetycznych Ziemi oraz kierunki geograficzne. Czy pole magnetyczne występuje tylko wokół magnesów i Ziemi? Aby się tego dowiedzieć, wykonaj doświadczenie.



[Film dostępny na portalu epodreczniki.pl](#)

Wychylenie igły magnetycznej w obecności przewodnika z prądem jako przykład oddziaływania ciał na odległość

Nagranie wideo na temat oddziaływania na odległość. Widok na stół laboratoryjny. Na stole potrzebne przyrządy: igła magnetyczna na ostrzu z podstawką, obwód prądowy zbudowany z grubego przewodu miedzianego, przewód jest umieszczony na izolujących podstawkach, jego część przebiega nad igłą magnetyczną i ta część jest prostoliniowa; końce przewodu podłączone do zasilacza wysokoprądowego 5A/30V. Najazd kamery na igłę. Inset w wolnym rogu ekranu pokazujący rękę demonstratora włączającą zasilacz. Igła odchyła się w bok. Dalej widok igły i inset w rogu. W insecie widać jak ręka demonstratora wyłącza zasilacz. Igła powraca do pierwotnego położenia (równoległe do przewodu).

Na powyższym filmie nie pokazano prostownika zamieniającego zmienne napięcie na stałe.

Ćwiczenie 1

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Jeśli igłę magnetyczną umieścimy blisko przewodnika, w którym płynie prąd, to igła .
Zachowanie się igły świadczy o tym, że . Na podstawie doświadczenia dochodzimy do wniosku, że pole magnetyczne powstaje wokół przewodnika gdy w nim .

wokół przewodnika z prądem występuje pole magnetyczne

płynie prąd elektryczny

cały czas wskazuje ten sam kierunek

znajdują się elektrony

wskazuje południe magnetyczne

wokół przewodnika z prądem nie ma pola magnetycznego

jest ona popsuta

nie wychyla się

wychyla się

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ruch igły magnetycznej w pobliżu **przewodnika**, przez który płynie prąd elektryczny, informuje o występowaniu pola magnetycznego. Kierunek wychylenia igły zależy od tego, w którą stronę płynie prąd. Związek ten odkrył najprawdopodobniej **Hans Christian Oersted**, dlatego doświadczenie przedstawione na filmie nazywane jest doświadczeniem Oersteda.

przewodniki prądu elektrycznego

– substancje, które przewodzą prąd, np. miedź, aluminium, złoto, elektrolity, zjonizowane gazy.

Ciekawostka

Już w dawnych czasach zauważono, że żelazne przedmioty magnesują się pod wpływem uderzenia pioruna. Źródła historyczne podają, że doświadczenie Oersteda po raz pierwszy w 1802 r. przeprowadził włoski prawnik **Gian Domenico Romagnosi**.

Opublikował on dwie prace dotyczące eksperymentu polegającego na dotykaniu igłą magnetyczną srebrnego łańcuszka połączonego drugim końcem ogniwnem Volty. Efektem doświadczenia było odchylenie igły magnetycznej. Doświadczenie Romagnosiego opierało się jednak na oddziaływaniu elektrostatycznym.

Ćwiczenie 2

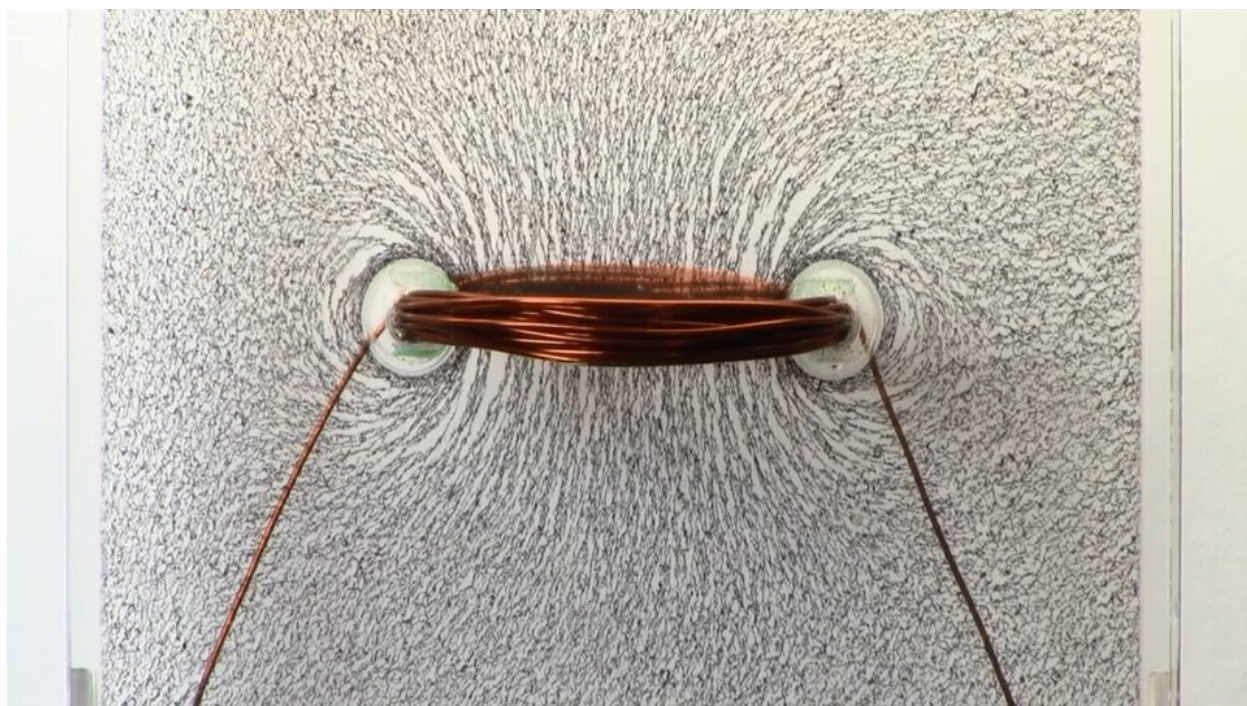
Na podstawie powyższego filmu oceń prawdziwość zdań.

	Prawda	Fałsz
Aby zbadać kształt pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem, można posłużyć się opiłkami żelaza.	☐	☐
Aby wyznaczyć kierunek pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem wystarczy zbliżyć do niego igłę magnetyczną.	☐	☐
Linie pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem układają się tak samo jak wokół magnesu sztabkowego.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Czy zmiana kształtu przewodnika wpłynie na zmianę kształtu pola magnetycznego?



Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Opiłki żelaza odzwierciedlają linie pola magnetycznego

Pole magnetyczne

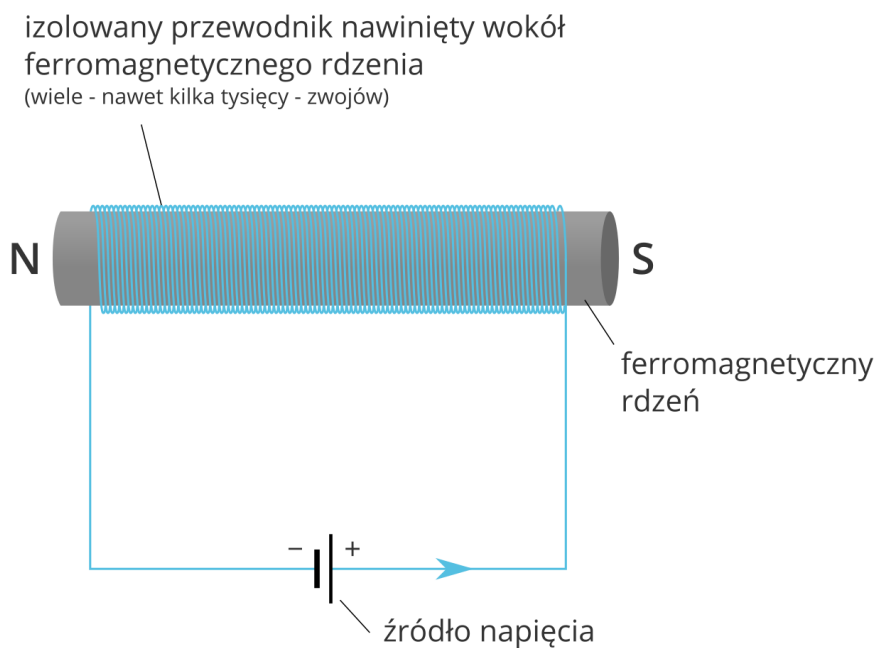
Linie pola magnetycznego wokół przewodnika zwiniętego w pętlę zagęszczają się w jej wnętrzu. Jeśli drut zwiniemy wielokrotnie, to otrzymamy zwojnicę, a opiłki żelaza będą się układać w identyczny sposób jak wokół magnesu.

Zapamiętaj!

Wokół przewodnika, przez który płynie prąd, powstaje pole magnetyczne. Układ linii tego pola zależy od kształtu przewodnika. Kierunek pola magnetycznego zależy od tego, w którą stronę płynie prąd.

2. Elektromagnesy i ich zastosowanie

Występowanie pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem ma szerokie zastosowanie w technice i przemyśle. Często wykorzystywane są urządzenia nazywane **elektromagnesami**. Elektromagnes składa się ze zwojnicy, rdzenia i źródła prądu.



Budowa elektromagnesu

Ważną rolę odgrywa ferromagnetyczny rdzeń elektromagnesu. W jego wnętrzu powstają domeny magnetyczne, wzmacniające pole magnetyczne zwojnicy. Zbudujmy elektromagnes i sprawdźmy, na jakiej zasadzie on działa.

Doświadczenie 1

Budowa elektromagnesu i badanie jego wpływu na różne substancje.

Co będzie potrzebne

- miedziany przewód o długości 30–50 cm;
- bateria 4,5 V;
- gwóźdź;
- igła magnetyczna (lub kompas);
- drobne przedmioty np. spinacze, szpilki, pierścioneł, kolczyki, gumka do ścierania, folia aluminiowa itp.;
- 2 złączki, tzw. krokodyłki.

Instrukcja

1. Na gwóźdź nawiń przewód tak, by jego końce można było połączyć z baterią.
2. Połącz przewód z baterią.
3. Za pomocą igły magnetycznej zbadaj pole magnetyczne wokół zwojnicy. Określ bieguny magnetyczne elektromagnesu.
4. Odłącz przewód od baterii. Podłącz ponownie, ale zmień kierunek przepływu prądu.
5. Ponownie zbadaj pole magnetyczne i określ bieguny magnetyczne elektromagnesu.
6. Zbliżaj elektromagnes (przede wszystkim rdzeń) do małych przedmiotów.

Podsumowanie

Zidentyfikowałeś bieguny magnetyczne północny i południowy. Drobne przedmioty wykonane z ferromagnetyków są najsilniej przyciągane przez bieguny elektromagnesu. Można więc stwierdzić, że pole magnetyczne wokół elektromagnesu jest podobne do pola magnesu sztabkowego.

Elektromagnesy mają różne zastosowanie. W składnicach złomu dźwigi elektromagnetyczne przenoszą wraki samochodów. Elektromagnesy stosuje się w zamkach elektrycznych. Gdy przez elektromagnes płynie prąd, wytwarzane jest pole magnetyczne, które silnie działa na metalowy (stalowy) element zamka (zasuwę). Powoduje to przesunięcie zasuwę i możliwość otwarcia drzwi. Po zamknięciu drzwi umieszczona odpowiednio spężyna powoduje przesunięcie zasuwę i zablokowanie zamka. Zamek można otworzyć po ponownym podłączeniu prądu. Najsilniejsze elektromagnesy znajdują zastosowanie w [akceleratorach](#) służących do kontrolowania ruchu cząstek mających wysoką energię. Pole magnetyczne wytwarzane przez przewodniki z prądem do niedawna sterowało ruchem elektronów w kineskopach telewizyjnych i monitorach komputerowych.

Podsumowanie

- Jeśli przez przewodnik płynie prąd, wokół tego przewodnika wytwarza się pole magnetyczne.
- Kierunek linii sił pola magnetycznego można określić za pomocą igły magnetycznej.
- Kierunek linii sił pola magnetycznego zależy od tego, w którą stronę płynie prąd elektryczny.
- Układ linii sił pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem zależy od kształtu przewodnika.
- Wokół prostoliniowego przewodnika z prądem pole magnetyczne ma kształt współśrodkowych okręgów.
- Pole magnetyczne wokół zwojnicy przypomina kształtem pole magnetyczne wokół magnesu sztabkowego.
- Elektromagnes działa dzięki polu magnetycznemu wokół przewodnika z prądem.
- Elektromagnes składa się ze zwojnicy i ferromagnetycznego rdzenia.
- Elektromagnesy stosuje się m.in. w zamkach elektromagnetycznych i akceleratorach.

Doświadczenie 2.1

Problem badawczy

Czy elektromagnes i magnes działają wzajemnie jeden na drugi?

Hipoteza

Elektromagnes działa na magnes i magnes działa na elektromagnes.

Co będzie potrzebne

- miedziany przewód o długości 30–50 cm;
- bateria 4,5 V;
- gwóźdź;
- 2 złączki tzw. krokodylki;
- magnes.

Instrukcja

1. Zbuduj elektromagnes – nawiń przewód na gwóźdź tak, by jego końce można było połączyć z baterią.
2. Zbadaj oddziaływanie magnesu i elektromagnesu – zbliż je do siebie biegunami jednoimiennymi i różnoimiennymi.

3. W zeszycie sporządź schemat doświadczenia i sporządź notatkę zawierającą wyniki obserwacji oraz wnioski.

Słowniczek

akcelerator

– urządzenie, które przyspiesza elektrony, protony i jony do bardzo dużych prędkości, tzn. bliskich prędkości światła (300 000 km/s).

elektromagnes

– magnes, którego pole magnetyczne powstaje w wyniku przepływu prądu elektrycznego. Jest to zwojnica, wewnątrz której znajduje się ferromagnetyczny rdzeń (np. ze stali, żelaza).

Biogram



Źródło: Nico-dk (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

Hans Christian Oersted

14.08.1777–9.03.1851

Hans Christian Oersted był duńskim fizykiem i chemikiem. Odkrył, że prąd elektryczny powoduje powstawanie pola magnetycznego. Jak podają źródła historyczne, 21 kwietnia 1820 r. Oersted zauważył, że igła kompasu odchyła się od kierunku północnego, gdy

przewód jest na przemian podłączany do baterii i odłączony od niej. To stwierdzić naukowcowi, że występuje jakiś związek między elektrycznością a magnetyzmem. Trzy miesiące później Oersted opublikował pracę, w której pokazał, że pole magnetyczne wokół przewodnika z prądem ma kształt okręgu.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 3

Jeśli przez przewód prostoliniowy płynie prąd i w pobliżu znajduje się kompas, to igła magnetyczna kompasu

☐ wskazuje północ.

☐ nie reaguje.

☐ obraca się.

☐ wskazuje południe.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Własności pola magnetycznego wokół przewodnika, przez który płynie prąd można zbadać posługując się zestawem doświadczalnym, składającym się z:

☐ pasków folii aluminiowej.

☐ igły magnetycznej.

☐ woltomierza.

☐ przewodnika.

☐ opiłków żelaza.

☐ źródła prądu np. baterii.

☐ amperomierza.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Określ prawdziwość zdań dotyczących pola magnetycznego wokół przewodnika, przez który płynie prąd.

	Prawda	Fałsz
Wokół prostoliniowego przewodnika z prądem pole magnetyczne ma kształt współśrodkowych okręgów.	☐	☐
Kształt linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem nie zależy od kształtu przewodnika.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 7

Stalowy rdzeń wewnątrz zwojnicy z prądem zwiększa pole magnetyczne, ponieważ

- ☐ pod wpływem pola magnetycznego stali następuje uporządkowanie domen magnetycznych w zwojnicy.
- ☐ stal jest ferromagnetykiem.
- ☐ zwojnica przewodzi prąd.
- ☐ pod wpływem pola magnetycznego zwojnicy następuje silne namagnesowanie rdzenia.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

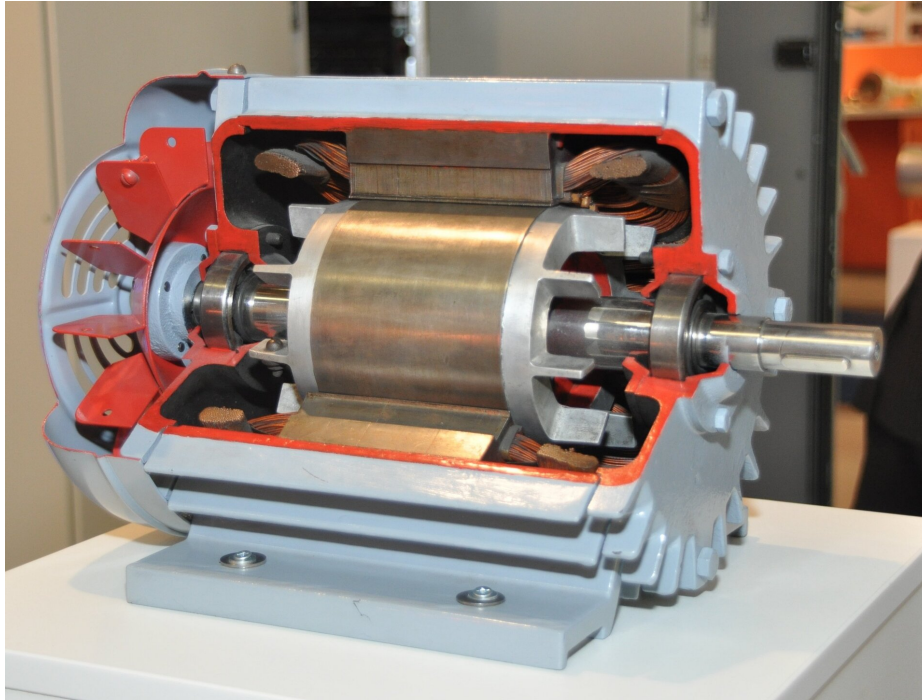
Stalowy rdzeń wewnątrz zwojnicy z prądem zwiększa pole magnetyczne, ponieważ

- ☐ stal jest ferromagnetykiem.
- ☐ pod wpływem pola magnetycznego zwojnicy następuje silne namagnesowanie rdzenia.
- ☐ zwojnica przewodzi prąd.
- ☐ pod wpływem pola magnetycznego stali następuje uporządkowanie domen magnetycznych w zwojnicy.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Działanie silnika prądu stałego

Silniki elektryczne są stale obecne w naszym życiu. Znajdują się w wielu urządzeniach, takich jak: elektryczna szczoteczka do zębów, suszarka do włosów, mikser, winda, tramwaj i samochód. Kiedy jest gorąco, używamy wentylatora. Przykłady można by mnożyć. Jak działa to użyteczne urządzenie?



Silnik elektryczny to jedno z tych urządzeń, bez których bardzo trudno byłoby wyobrazić sobie życie takim, jakim znamy je obecnie. Bardzo istotnym elementem jego konstrukcji jest zestaw magnesów lub elektromagnesów

Już potrafisz

- opisać właściwości magnesów;
- stwierdzić, że pole magnetyczne to przestrzeń, w której działa siła magnetyczna;
- wyjaśnić, że pole magnetyczne występuje wokół magnesów, Ziemi i przewodników, przez które płynie prąd elektryczny;
- stwierdzić, że ferromagnetyki (np. żelazo, kobalt, nikiel, stal) to substancje, które oddziałują z magnesem;
- opisać zasadę działania elektromagnesu.

Nauczysz się

- demonstrować, jak siła elektrodynamiczna działa na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym;
- opisywać i prezentować działanie silnika elektrycznego zasilanego prądem stałym.

1. Siła elektrodynamiczna

Doświadczenie 1

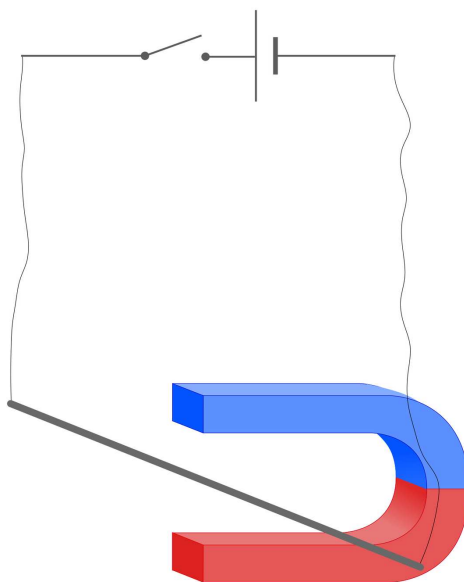
Wykazanie, że na przewodnik, w którym płynie prąd elektryczny działa siła.

Co będzie potrzebne

- magnes w kształcie podkowy;
- giętki miedziany przewód z wyłącznikiem;
- baterie 4,5 V lub zasilacz prądu stałego.

Instrukcja

1. Ustaw elementy tak jak na poniższym rysunku:



Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego

2. Zamknij obwód i obserwuj odcinek przewodu znajdującego się pomiędzy biegunami magnesu.

3. Zmień kierunek płynącego prądu, i ponownie obserwuj odcinek przewodu znajdujący się między biegunami magnesu.
4. Odwróć magnes tak, aby biegun południowy (S) znalazł się na dole, a północny (N) – na górze. Powtórz obserwacje dla dwóch kierunków przepływu prądu.

Podsumowanie

Podczas przepływu prądu pojawiała się siła, która albo wypychała przewód z przestrzeni pomiędzy biegunami, albo wciągała go w głąb podkowy magnesu. Oznacza to, że siła działała prostopadle do przewodu. Zwrot tej siły zależał od tego, w którą stronę płynął prąd i jak były ustawione bieguny magnesu.

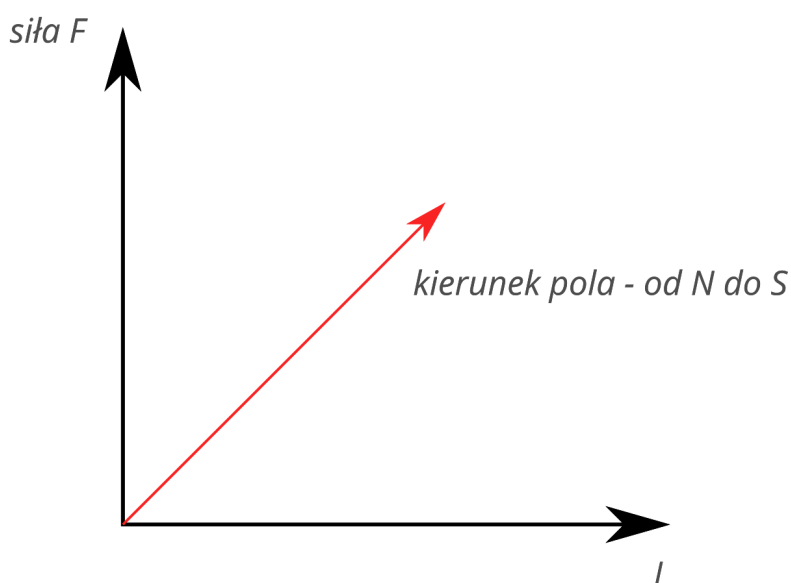
Wniosek: gdy przewód, przez który płynie prąd, umieścimy w polu magnetycznym, to na ten przewód będzie działała siła o kierunku prostopadłym do przewodu.

siła elektrodynamiczna

– siła, jaką pole magnetyczne działa na przewód, w którym płynie prąd elektryczny.

Czy można przewidzieć, w którą stronę siła elektrodynamiczna będzie działała na przewód? Jaki będzie zwrot tej siły?

Dokładna analiza przebiegu doświadczenia pozwala dostrzec pewną regułę, przedstawioną na poniższym rysunku:



Z tej reguły wynika, że siła elektrodynamiczna jest prostopadła zarówno do przewodnika, jak i do linii pola magnetycznego przebiegających od bieguna północnego do południowego. Tą regułę można dość łatwo zapamiętać i używać jej do określania kierunku oraz zwrotu siły elektrodynamicznej. Wystarczy użyć trzech palców lewej dłoni. Trzeba ustawić kciuk, palec wskazujący i palec środkowy prostopadłe do siebie. Palec wskazujący ustawiamy wzdłuż kierunku linii pola magnetycznego, biegnących od bieguna północnego do południowego. Środkowy palec ustawiamy wzdłuż przewodnika, w kierunku przepływu prądu. Gdy ustawimy tak te dwa palce, to kciuk będzie wskazywał kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej.

Zastosuj teraz tę regułę do przeprowadzonego doświadczenia i sprawdź, czy wyniki są zgodne z przewidywaniami.

Ćwiczenie 1

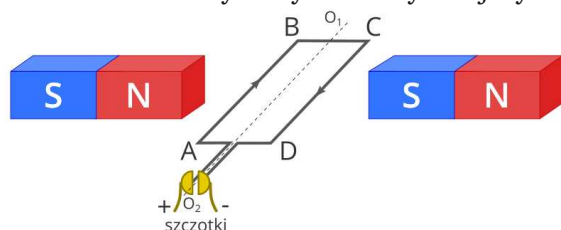
Źródło: Ryszard Nych <Ryszard.Nych@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

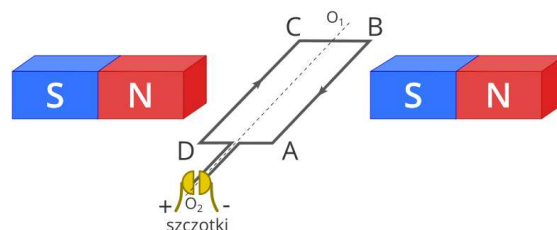
Źródło: Ryszard Nych <Ryszard.Nych@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

2. Silnik elektryczny

Jeżeli udało ci się rozwiązać prawidłowo dwa ostatnie zadania, to na pewno zrozumiesz, jak działa silnik elektryczny. Zmodyfikujmy nieco rysunek z zadania 2.



rys. 1



rys. 2

W którą stronę obraca się wirnik silnika?

Jak widać, końce ramki są teraz przymocowane do dwóch półpierścieni. Do nich z kolei przylegają tzw. **szczotki** – są to sprężyste blaszki. Do szczotek przyłączone jest napięcie elektryczne. Dwa półpierścienie tworzą tzw. **komutator**, czyli przełącznik. Ramka wraz z komutatorem tworzy tzw. **wirnik**, który może obracać się wokół osi O_1O_2 .

Przeanalizujmy teraz działanie silnika. Zgodnie z powyższym rysunkiem na bok AB tzw. ramki działa siła elektrodynamiczna mająca zwrot w dół, a na bok CD – siła działająca w górę. Pod wpływem obu sił ramka zacznie obracać się w lewo i po obrocie o kąt większy niż 90 stopni miejsce boku AB zajmie bok DC – jest to pokazane na rysunku 2. Teraz prąd będzie płynął w ramce od punktu D, przez C i D, aż do A. Oznacza to, że będzie płynął w przeciwną stronę niż przedtem. Jak wpłynie to na siły działające na boki ramki?

Popatrzmy jeszcze raz na rysunek 2. Teraz siła elektrodynamiczna działająca na bok DC ma zwrot skierowany w dół (przedtem działała w górę). Podobnie jest w przypadku boku AB – siła działała wcześniej w dół, a teraz działa w górę. W którą zatem stronę będzie obracał się wirnik?

Część z was już znalazła odpowiedź – wirnik nadal będzie obracał się w lewo. Dlaczego? Bo siła elektrodynamiczna zawsze jest skierowana w dół, jeśli działa na ten bok ramki, który znajduje się bliżej bieguna północnego. Natomiast jeśli siła elektrodynamiczna działa na bok, który znajduje się bliżej bieguna południowego, zawsze jest skierowana w górę. Znamy więc zasadę działania silnika elektrycznego zasilanego napięciem stałym.

Głównymi elementami silnika są **wirnik** i **magnesy**. Stanowią one tzw. **stojan**. Często zamiast magnesów stałych używa się elektromagnesów (choć budowa takiego silnika jest bardziej skomplikowana, zasada działania pozostaje niezmienna).

Podsumowanie

- Gdy przewodnik, w którym płynie prąd elektryczny, umieścimy w polu magnetycznym, zacznie na niego działać siła elektrodynamiczna.
- Siła elektrodynamiczna ma kierunek prostopadły do przewodnika. Jej zwrot zależy od tego, w którą stronę płynie prąd elektryczny, oraz od tego, jak ustawiony jest przewodnik względem biegunów magnesu.
- Do przewidywania kierunku i zwrotu siły elektrodynamicznej stosujemy regułę trzech palców lewej dłoni.
- Silnik zbudowany jest ze stojana i wirnika. Stojan składa się z minimum dwóch magnesów trwałych lub elektromagnesów. Ruch wirnika spowodowany jest oddziaływaniem magnesów (lub elektromagnesów) na przewodnik z prądem (wirnik).
- Silnik elektryczny zamienia energię elektryczną na pracę mechaniczną.

Praca domowa

Polecenie 1.1

W naszym przykładzie silnik obracał się w lewo. Jakich dwóch sposobów możesz użyć, aby wirnik obracał się w prawo? Przedstaw te sposoby i je wyjaśnij.

Wzbudzanie przepływu prądu elektrycznego

Wiesz już, że prąd elektryczny w przewodniku można wzbudzić przez przyłożenie napięcia elektrycznego do końców przewodnika. Napięcie pochodzi z ogniwa lub baterii ogniw. Istnieje jednak sposób wzbudzania prądu bez użycia źródeł chemicznych. Prąd będzie płynął także w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej – zjawisko to jest obecnie najważniejszym mechanizmem wytworzenia napięcia elektrycznego w elektrowniach.



Wiele urządzeń elektrycznych podłącza się do gniazdka za pośrednictwem tzw. zasilaczy. Są one często kłopotliwe – bo ciężkie i z plączącymi się kablami – ale niezbędne, ponieważ służą do zamiany prądu dostarczanego do naszych domów na odpowiedni dla danego urządzenia. Działanie niektórych zasilaczy opiera się na zjawisku, które omówimy na łamach tej lekcji

Już potrafisz

- opisać magnes jako dipol, czyli ciało, które posiada dwa bieguny: północny (N) i południowy (S);
- podać znaczenie pojęcia pola magnetycznego jako przestrzeni, w której działają siły magnetyczne;
- opisać działanie biegunów magnetycznych: jednoimienne się odpychają, a różnoimienne – przyciągają;
- wyjaśnić występowanie pola magnetycznego wokół magnesów, Ziemi i przewodników, przez które płynie prąd.

Nauczysz się

- wytwarzać prąd elektryczny za pomocą ruchu magnesu;
- wyjaśniać powstawanie prądu indukcyjnego;
- omawiać zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- prezentować doświadczalnie zjawisko indukcji elektromagnetycznej;
- wyjaśniać zasadę działania transformatora.

Przygotuj przed lekcją:

Doświadczenie 1. (element fakultatywny) – potrzebne materiały:

- bateria 1,5 V;
- 2 spinacze;
- zwojnica;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- magnes neodymowy.

Doświadczenie 2. (element fakultatywny) – potrzebne materiały:

- dwie zwojnice o różnej liczbie zwojów;
- rdzeń (np. ze stali) w kształcie litery „U”;
- 4 przewody ze złączami typu „krokodylek”;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- zasilacz – generator prądu.

1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

Kiedy w XIX wieku odkryto, że przepływ prądu w przewodniku sprawia, że wokół niego powstaje pole magnetyczne, postawiono pytania: Czy jest możliwe zjawisko odwrotne? Czy magnes może spowodować, że zacznie płynąć prąd elektryczny?

[Michael Faraday](#), odkrywca tego zjawiska (zwanego zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej) poświęcił wiele lat na potwierdzenie tezy, że prąd może powstawać w przewodniku, do którego przyłoży się magnes. Swojego odkrycia dokonał 29 sierpnia 1831 roku.



Źródło: Tagishsimon (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

Michael Faraday

22.09.1791–22.08.1867

Michael Faraday był angielskim uczonym, który przyczynił się do rozwoju elektromagnetyzmu i elektrochemii. Do największych odkryć zalicza się indukcję elektromagnetyczną, diamagnetyzm i elektrolizę. Faraday jest uznawany za jednego z największych odkrywców, mimo że miał słabe podstawy teoretyczne. Wyniki badań dotyczących pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem doprowadziły do stworzenia koncepcji pola elektromagnetycznego. Odkrycia tego uczonego są podstawą działania silników na prąd stały, i generatorów prądu.

Aby potwierdzić wyniki otrzymane przez Faradaya, wykonaj poniższe doświadczenie.

Doświadczenie 1

Problem badawczy

Czy względny ruch zwojnicy i magnesu może być źródłem prądu?

Hipoteza

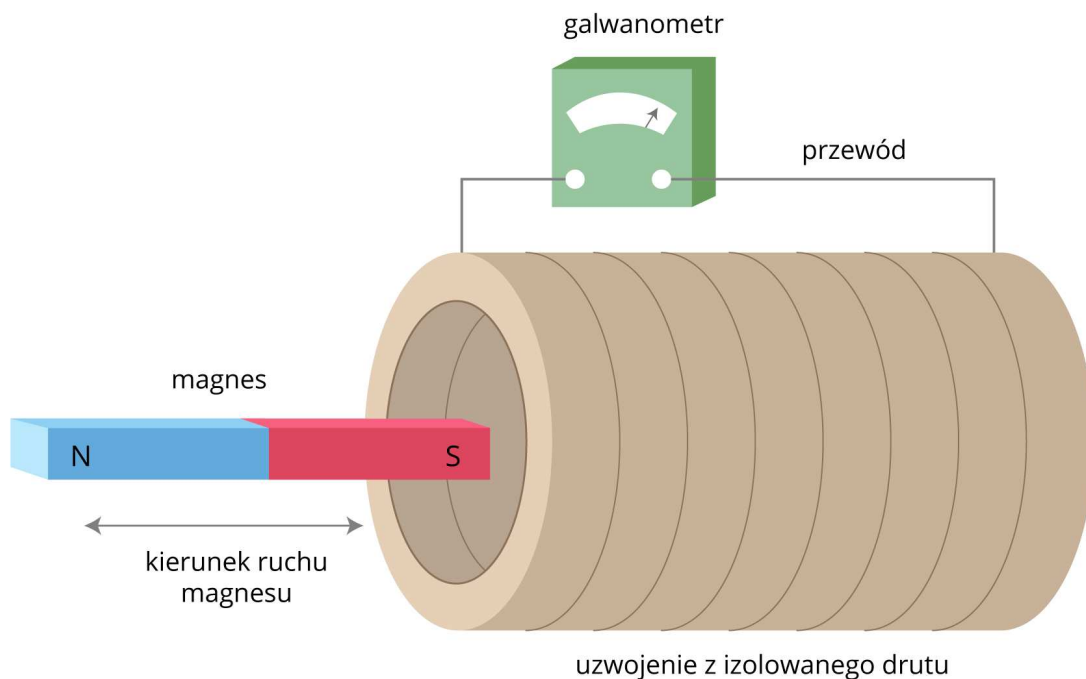
Względny ruch przewodu i magnesu jest źródłem prądu.

Co będzie potrzebne

- zwojnica;
- magnes stały;
- miernik uniwersalny lub amperomierz o małym zakresie (wykorzystaj znajdujące się w szkole mierniki uniwersalne demonstracyjne);

Instrukcja

1. Wybierz na mierniku zakres małego natężenia prądu.
2. Ustaw amperomierz na minimalnym zakresie pomiarowym.
3. Połącz zwojnicę z miernikiem.



Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego

4. Szybkim ruchem zbliż magnes do zwojnicy i równie energicznym ruchem oddal go.
5. Zaobserwuj wskazania przyrządu pomiarowego.
6. Odwróć magnes, aby zbliżyć go przeciwnym biegunem niż za pierwszym razem.
7. Szybkim ruchem zbliż magnes do zwojnicy i oddal go.
8. Połóż magnes w pobliżu zwojnicy i nią poruszaj. Obserwuj wskazania przyrządu pomiarowego.

Podsumowanie

Gdy magnes się poruszał, amperomierz wskazywał pewne wartości natężenia prądu, które ulegały zmianie. Oznacza to, że magnes poruszający się względem przewodu sprawił, że zaczął przepływać prąd. Gdy magnes spoczywał, ale przewodnik był w ruchu, to wtedy również płynął prąd.

Wniosek: Wzajemny ruch magnesu i przewodnika wywołuje przepływ prądu. W zmiennym polu magnetycznym wytwarzane jest napięcie elektryczne, które powoduje przepływ prądu elektrycznego.

Wyniki doświadczenia pokazują, że bateria nie jest jedynym źródłem napięcia elektrycznego. By wytworzyć prąd elektryczny, wystarczy względny ruch magnesu i przewodnika. Amperomierz pokazuje, że natężenie płynącego prądu zależy od szybkości względnego ruchu zwojnicy i magnesu. Powstawanie prądu elektrycznego pod wpływem zmiennego pola magnetycznego nazywamy **indukcją elektromagnetyczną**, a prąd płynący w zwojnicy – **prądem indukcyjnym**. Oprócz Michaela Faraday'a badania nad tymi zjawiskami prowadził Amerykanin **Joseph Henry**.



Źródło: Mathew Brady or Levin Handy (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

Joseph Henry

17.12.1797–13.05.1878

Joseph Henry był amerykańskim naukowcem. Podczas budowania elektromagnesów odkrył zjawisko samoindukcji elektromagnetycznej oraz indukcji elektromagnetycznej (niezależnie od Faraday'a, który jako pierwszy opublikował wyniki doświadczeń). Zajmował się praktycznym zastosowaniem elektromagnesów. Skonstruował m.in. dzwonek elektryczny i przekaźnik elektromagnetyczny (który dla Samuela Morse'a stał się podstawą do zbudowania telegrafu).

indukcja elektromagnetyczna

- zjawisko wytwarzania napięcia elektrycznego przez zmienne pole magnetyczne.

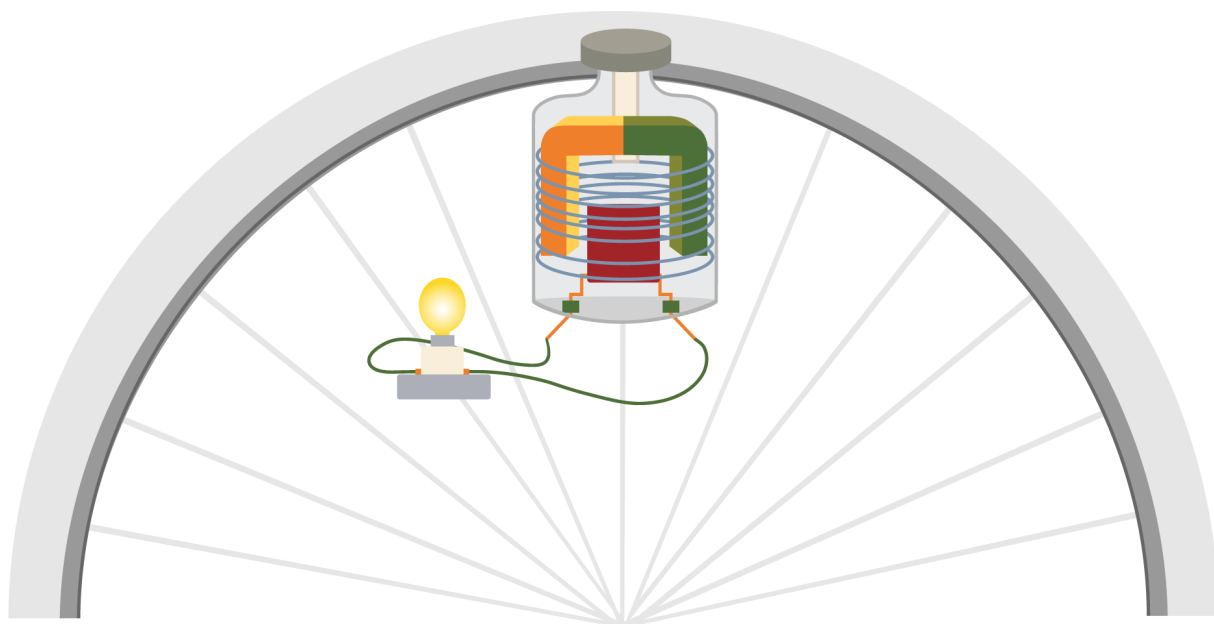
prąd indukcyjny

- prąd płynący w przewodniku na skutek działania zmiennego pola magnetycznego.

Ciekawostka

Dynamo rowerowe to też prądnica.

Przykładem prądnicy jest prądnica rowerowa (dynamo). W obudowie znajduje się stały magnes i zwojnica. Element, który styka się z oponą, to obracający się magnes, który jest źródłem zmiennego pola magnetycznego. Wytwarza ono prąd w uzwojeniu, który następnie za pomocą przewodów doprowadzany jest do żarówki.



Budowa prostej prądnicy rowerowej

2. Działanie transformatora

Napięcie elektryczne otrzymywane w elektrowni sięga 20 000 **woltów**, a napięcie w instalacji domowej – tylko 230 V. Podczas przesyłu energii elektrycznej napięcie ma dużą wartość, wykorzystuje się więc tzw. linie wysokiego napięcia. Obniżenie napięcia do wartości 230 V następuje dzięki zjawisku **indukcji elektromagnetycznej**. Urządzenie, które umożliwia obniżanie lub podwyższanie napięcia, nazywamy transformatorem. Aby zapoznać się ze sposobem jego działania, wykonaj poniższe doświadczenie.

wolt (V)

– jednostka napięcia w układzie SI, symbol V.

Doświadczenie 2

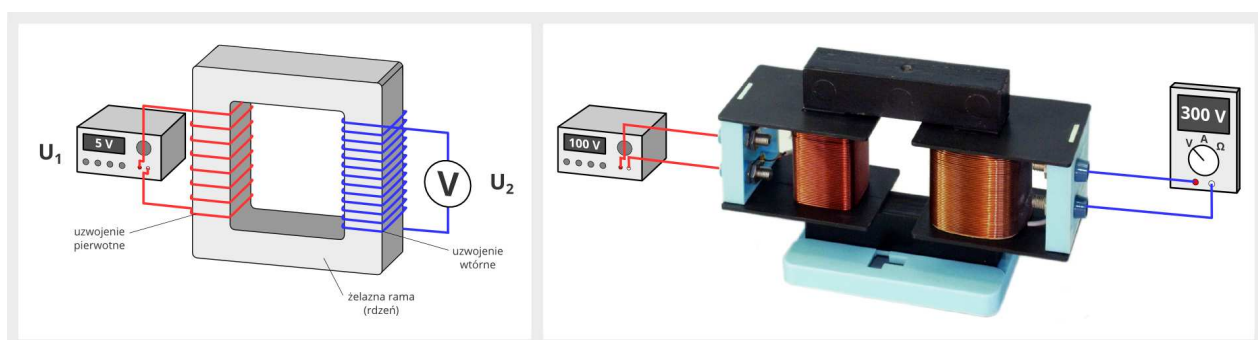
Poznanie budowy i sposobu działania transformatora.

Co będzie potrzebne

- 2 zwojnice o różnej liczbie zwojów;
- rdzeń (np. ze stali) w kształcie litery „U”;
- miernik uniwersalny lub woltomierz;
- zasilacz;
- przewody.

Instrukcja

1. Włóż zwojnice na rdzeń.
2. Do jednej ze zwojnic podłącz zasilacz. Ustaw go tak, by był źródłem prądu zmiennego (poproś o pomoc nauczyciela).
3. Drugą zwojnicę połącz z miernikiem, ustaw odpowiedni zakres pomiarowy (poproś nauczyciela o pomoc).



Sposób połączenia elementów zestawu doświadczalnego

4. Włącz zasilacz i obserwuj wskazania miernika.
5. Zwiększ napięcie prądu z zasilacza i obserwuj wskazania miernika.
6. Wyłącz zasilacz. Podłącz zasilacz do drugiej zwojnicy, a miernik do pierwszej.
7. Zwiększaj stopniowo napięcie i obserwuj wskazania miernika.

Podsumowanie

Zmiana napięcia między końcami jednej zwojnicy wywołuje zmianę napięcia między końcami drugiej zwojnicy. Napięcie jest wyższe w zwojnicy o większej liczbie zwojów.

Wniosek: Transformator służy do zmiany napięcia poprzez dobranie odpowiedniej liczby zwojów. Może obniżać lub podwyższać napięcie prądu elektrycznego.

Ćwiczenie 1

Uzupełnij tekst wybierając prawidłowe elementy w miejsce luk.

Transformator zbudowany jest z o ilości zwojów. Podłączenie jednej zwojnicy do źródła prądu powoduje, że w drugiej zwojnicy . Jeśli źródło napięcia jest połączone ze zwojnicą o większej liczbie zwojów, to napięcie między końcami drugiej zwojnicy jest niż napięcie źródła. Wtedy transformator służy do .

równej

dwóch zwojnic

jednej zwojnicy

mniejsze

większe

różnej

zaczyna płynąć prąd elektryczny

podwyższania napięcia

obniżania napięcia

zmiennego

stałego

nic się nie dzieje

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Transformator to urządzenie, które może służyć do podwyższania lub obniżania napięcia. Zastanówmy się, jak on działa. Zwojnica, do której podłączane jest źródło napięcia, nazywana jest uzwojeniem pierwotnym. Wokół uzwojenia pierwotnego powstaje zmienne pole magnetyczne, które jest wzmacniane za pomocą rdzenia (ferromagnetycznego). To pole magnetyczne wywołuje przepływ prądu w drugiej zwojnicy. Nazywana jest ona uzwojeniem wtórnym.

Dzięki dobraniu liczby zwojów na uzwojeniu pierwotnym i wtórnym możemy zmienić wartość napięcia otrzymywanego na uzwojeniu wtórnym. Jeśli liczy ono mniej zwojów niż uzwojenie pierwotne, to transformator będzie obniżał napięcie. Natomiast gdy w uzwojeniu wtórnym będzie więcej zwojów niż w uzwojeniu pierwotnym, transformator będzie podwyższał napięcie. Związek między napięciem a liczbą zwojów opisuje proporcja:

$$\frac{\text{napięcie wyjściowe}}{\text{napięcie wejściowe}} = \frac{\text{liczba zwojów uzwojenia wtórnego}}{\text{liczba zwojów uzwojenia pierwotnego}}$$

$$\frac{U_w}{U_p} = \frac{z_w}{z_p}$$

Przykład 1

Uzwojenie pierwotne liczy 20 zwojów, a wtórne 60 zwojów. Jakie jest napięcie wyjściowe, jeśli napięcie na wejściu jest równe 5 V?

Rozwiązanie – pierwszy sposób

Dane:

$$z_p = 20$$

$$z_w = 60$$

$$U_p = 5 \text{ V}$$

Szukane:

$$U_w = ?$$

Wzór:

$$\frac{U_p}{z_p} = \frac{U_w}{z_w}$$

Obliczenia:

$$\frac{5 \text{ V}}{20} = \frac{U_w}{60}$$

$$20U_w = 5 \text{ V} \cdot 60 / : 20$$

$$U_w = \frac{300 \text{ V}}{20}$$

$$U_w = 15 \text{ V}$$

Odpowiedź:

Napięcie na wyjściu jest równe 15 V.

Rozwiązanie – drugi sposób

Uzwojenie wtórne zawiera trzy razy więcej zwojów niż pierwotne. Transformator zwiększy napięcie trzykrotnie, czyli:

$$U_w = 3 \cdot 5 \text{ V} = 15 \text{ V}$$

Ćwiczenie 2

Uzupełnij tekst wybierając prawidłowe elementy w miejsce luk.

Uzwojenie pierwotne transformatora składa się z 25 zwojów, a uzwojenie wtórne z 5 zwojów.

W uzwojeniu wtórnym znajduje się niż w uzwojeniu pierwotnym. Transformator napięcie . Jeśli napięcie zasilania będzie równe 20V, to napięcie na wyjściu będzie równe .

obniża

pięciokrotnie

podwyższa

pięć razy więcej zwojów

pięciokrotnie

pięć razy mniej zwojów

100 V

o 20 zwojów więcej

400 V

4 V

nie zmienia

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

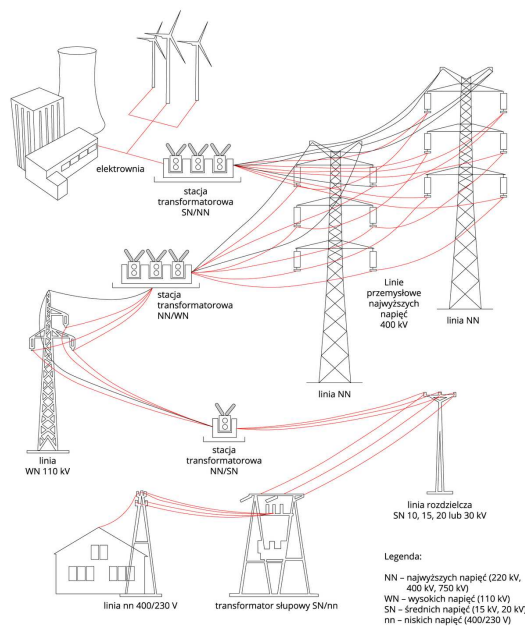
Przeanalizuj, czy zwiększanie napięcia w uzwojeniu wtórnym kłóci się z [zasadą zachowania energii](#). Energia jest przekazywana z jednego uzwojenia do drugiego. Szybkość tego przekazu jest [mocą](#) transformatora. Moc w uzwojeniu wtórnym pochodzi z uzwojenia wtórnego, a zgodnie z zasadą zachowania energii (zakładamy brak strat) obie moce są sobie równe. Moc prądu jest iloczynem napięcia i natężenia, czyli:

$$P_{\text{wejściowa}} = P_{\text{wyjściowa}}$$

$$(U \cdot I)_{\text{pierwotne}} = (U \cdot I)_{\text{wtórne}}$$

Z tego wynika, że zwiększenie napięcia przekłada się na obniżenie natężenia. Możliwość zmiany napięcia jest zaletą prądu zmiennego. Jeśli w przewodzie płynie prąd o dużym natężeniu, to do otoczenia emitowane jest ciepło. Podczas przesyłu energii chcemy te straty ograniczyć do niezbędnego minimum. Dlatego do przesyłania prądu na duże odległości stosuje się wysokie napięcie, a małe natężenie. W elektrowniach napięcie wyjściowe wynosi około 20 000 V. Jest ono podwyższane nawet do 440 000 V. W lokalnych punktach (stacjach transformatorowych) obniża się jego wartość stopniowo, aż uzyska się napięcie potrzebne odbiorcy.

Podane wyżej warunki pracy transformatora są uproszczone. W rzeczywistości występują straty energii w transformatorze – przepływ prądu powoduje wzrost temperatury uzwojeń i rdzenia. Jednak zyski z wykorzystania wysokich napięć do przesyłania energii są znacznie większe.



Podczas przesyłania energii kilkakrotnie stosuje się transformatory, aby podwyższać i obniżać napięcie

zasada zachowania energii

- energii nie można wytworzyć ani zniszczyć, można jedynie zmieniać jej formę. Całkowita energia nie ulega zmianie.

transformator

- urządzenie, które przenosi energię elektryczną dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej. Zmienia parametry prądu elektrycznego.

moc (P)

- szybkość przekazywanej energii. Jednostką mocy w układzie SI jest wat (W).

Podsumowanie

- Jeżeli w pobliżu przewodnika będziemy zmieniać pole magnetyczne, to między końcami tego przewodnika pojawi się napięcie elektryczne. Zjawisko to nazywamy indukcją elektromagnetyczną.
- Jeżeli z przewodnika powstał obwód zamknięty, to popłynie w nim prąd indukcyjny.
- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej to podstawowe źródło wywarzania energii elektrycznej.
- Do przesyłania energii elektrycznej na duże odległości służą linie wysokiego napięcia.

- Stosowanie wysokiego napięcia podczas przesyłania energii elektrycznej powoduje, że zmniejsza się natężenie płynącego prądu a straty związane z emisją ciepła do otoczenia są minimalne.
- Transformator jest urządzeniem, które może obniżać lub podwyższać napięcie poprzez dobranie odpowiedniej liczby zwojów.
- Transformator zbudowany jest z uzwojeń pierwotnego i wtórnego, które są nawinięte na ferromagnetycznym rdzeniu. Podłączenie prądu zmiennego do uzwojenia pierwotnego sprawia, że w uzwojeniu wtórnym zaczyna płynąć prąd. Jest to możliwe dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej.

Praca domowa

Polecenie 1.1

Zasilacz do ładowania wkrętarci akumulatorowej ma napisane: wejście (input) 220 V i wyjście (output) 12 V, 830 mA. Czy ten zasilacz obniża czy podwyższa napięcie? Uzasadnij odpowiedź i oszacuj natężenie prądu jaki popłynie przez uzwojenie pierwotne transformatora przy założeniu braku strat.

Polecenie 1.2

Uzwojenie pierwotne transformatora zawiera 1000 zwojów. Uzwojenie wtórne zawiera także 1000 zwojów, ale jest tak nawinięte, że po 100, 300 i 800 zwojach znajdują się tzw. odczepy. Do uzwojenia pierwotnego podłączono napięcie 230 V z sieci domowej. W jaki sposób możemy uzyskać napięcie: 23 V, 46 V, 69 V, 115 V i 161 V?

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 3

Wybierz prawidłową odpowiedź.

Podczas przesyłania energii elektrycznej na duże odległości stosuje się

☐ wysokie napięcie i wysokie natężenie prądu.

☐ wysokie napięcie i niskie natężenie prądu.

☐ niskie napięcie i wysokie natężenie prądu.

☐ niskie napięcie i niskie natężenie prądu.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Wybierz elementy, z których mógłbyś zbudować transformator.

☐ zwojnica o 30 zwojach

☐ źródło prądu zmiennego

☐ spinacze

☐ zwojnica o 20 zwojach

☐ rdzeń z ferromagnetyka

☐ rdzeń z drewna

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Oceń prawdziwość stwierdzeń na podstawie zdania:

W uzwojeniu pierwotnym transformatora znajduje się 50 zwojów, a w uzwojeniu wtórnym 250 zwojów.

	Prawda	Fałsz
Transformator podwyższa napięcie.	☐	☐
Napięcie na wejściu jest pięciokrotnie niższe niż na wyjściu.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Uzwojenie pierwotne transformatora składa się ze 100 zwojów, a uzwojenie wtórne z 25 zwojów. Uzwojenie pierwotne podłączono do zmiennego źródła prądu o maksymalnym napięciu 240V. Maksymalne napięcie na wyjściu jest równe

☐ 9,6 V.

☐ 60 V.

☐ 960 V.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podział fal elektromagnetycznych oraz ich zastosowanie

Czy możesz sobie wyobrazić codzienne życie bez radia, telewizji lub internetu bezprzewodowego? Czy telefon komórkowy, kuchenka mikrofalowa i aparat rentgenowski mają ze sobą coś wspólnego?



Choć trudno w to uwierzyć, fale radiowe, mikrofae i promienie rentgenowskie a nawet światło widzialne stanowią jedną grupę oddziaływań. Wszystkie one stanowią rodzaj rozchodzących się w przestrzeni zaburzeń pola elektromagnetycznego

Już potrafisz

- opisać pole magnetyczne jako przestrzeń, w której na niektóre przedmioty działa siła magnetyczna;
- wyjaśnić, że pole magnetyczne występuje wokół magnesów, Ziemi i przewodników, przez które płynie prąd;
- opisać elektromagnes jako magnes, którego pole magnetyczne powstaje w wyniku przepływu prądu elektrycznego;
- wytłumaczyć, dlaczego zmienne pole magnetyczne powoduje przepływ prądu elektrycznego w przewodniku.

Nauczysz się

- rozpoznawać i nazywać zakresy promieniowania elektromagnetycznego;
- opisywać zastosowanie fal radiowych, mikrofal oraz promieniowania podczerwonego, nadfioletowego i rentgenowskiego.

1. Fale elektromagnetyczne

Kiedy umieścimy w jakimś miejscu ładunek elektryczny dodatni lub ujemny, w przestrzeni wokół niego pojawią się siły działające na inne ładunki; wystąpi na przykład zjawisko polaryzacji (rozsunięcia ładunków elektrycznych w przewodniku). Mówimy, że ładunek elektryczny wytwarza wokół siebie pole elektryczne i pole to wywiera oddziaływanie na inne ładunki. To pole elektryczne jest odpowiedzialne za przepływ prądu elektrycznego.

Jeżeli ładunek wytwarzający pole będzie się poruszał, czyli zbliżał do jednych ładunków a oddalał od drugich, to działające siły będą się zmieniały. Wynika z tego, że pole będzie się zmieniało. Możemy zatem mieć do czynienia z polem stałym w czasie (statycznym) lub polem zmiennym w czasie. Jeżeli pole elektryczne w przewodniku będzie stałe to natężenie prądu również. W sytuacji, gdy pole będzie ulegało zmianie, to i natężenie prądu elektrycznego będzie się zmieniało.

Podobnie jest z oddziaływaniem sił magnetycznych – występują w przestrzeni wokół magnesu, elektromagnesu lub przewodnika, w którym płynie prąd elektryczny. Oznacza to, że wymienione ciała są źródłami pola magnetycznego. Jeżeli źródła pola będą nieruchome i natężenie prądu w uzwojeniach elektromagnesu czy pojedynczym przewodniku będzie miało stałą wartość, to wytworzone pole będzie statyczne. Ruch źródeł i zmiany natężenia prądu wytworzą pole zmienne.

Wiesz już, że zmiana położenia magnesu względem przewodnika może powodować w nim przepływ prądu elektrycznego. Ponieważ przepływ ten wymaga pola elektrycznego, wynika z tego, że zmienne pole magnetyczne powoduje powstanie pola elektrycznego. Wiesz także, że przepływ prądu w przewodniku spowoduje powstanie pola magnetycznego wokół przewodnika, a jeżeli prąd będzie płynął raz w jedną, a raz w drugą stronę lub jego natężenie będzie wzrastać lub maleć, to pole magnetyczne, jakie ten prąd wytworzy, będzie zmienne.

Co się stanie, gdy w jakimś miejscu pojawi się zmienne pole magnetyczne? Natychmiast pojawi się zmienne pole elektryczne. Nie musi się tam znajdować przewodnik. A gdy w jakimś miejscu pojawi się zmienne oddziaływanie elektryczne, (np. poruszający się)? Tak, masz rację – pojawi się w tym miejscu zmienne pole magnetyczne. W ten sposób przenoszą się te pola w przestrzeni.

Odształcenie powierzchni wody rozchodzi się, tworząc falę, a zgęszczenie powietrza wywołane ruchem struny przenosi się w powietrzu, tworząc falę dźwiękową. W odniesieniu do zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego mówimy o fali

elektromagnetycznej. W II połowie XIX wieku teorię rozchodzenia się fal opracował James Clerk Maxwell. Podobno miał on powiedzieć, że jest to niezwykle piękna teoria, która się nigdy do niczego nie przyda.

Fale elektromagnetyczne odkrył Heinrich Hertz w 1886 roku. Teoria Maxwella została potwierdzona, ale Hertz nie dożył już lat, w których powstało radio.

Jak wynika z powyższego, aby wzbudzić falę elektromagnetyczną, trzeba w jakimś miejscu wywołać zmianę pola magnetycznego lub elektrycznego. A skąd wiadomo, że fala gdzieś dotarła? Jeżeli przy jednym brzegu jeziora wzbudzimy falę mechaniczną, to kiedy dotrze ona do łódki unoszącej się na wodzie przy drugim brzegu zauważymy, że zacznie się ona podnosić i opadać. Fala elektromagnetyczna, którą tworzą zmienne pola elektryczne i magnetyczne, spowoduje przepływ prądu w zamkniętym obwodzie odbiornika. Najważniejsza różnica między oboma rodzajami fal polega na tym, że fala mechaniczna wymaga materialnego ośrodka, w którym może się rozchodzić. Fala elektromagnetyczna może rozchodzić się w próżni.

To oczywiście podstawy. O tym, jak spowodować, aby fala niosła informacje np. o dźwięku, a potem jak te informacje przełożyć z powrotem na dźwięk, będziesz się uczyć w liceum (jeżeli wybierzesz poziom rozszerzony) i na studiach technicznych.

fala elektromagnetyczna

– rozchodzenie się zmiennych pól elektrycznych i magnetycznych w przestrzeni.

Do fal elektromagnetycznych zalicza się: fale radiowe, mikrofae, podczerwień, światło widzialne, ultrafiolet, promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma. Podane fale różnią się między sobą długością i częstotliwością. Długość fali i częstotliwość są do siebie odwrotnie proporcjonalne:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

gdzie:

λ – długość fali;

v – prędkość rozchodzenia się fali;

f – częstotliwość fali.

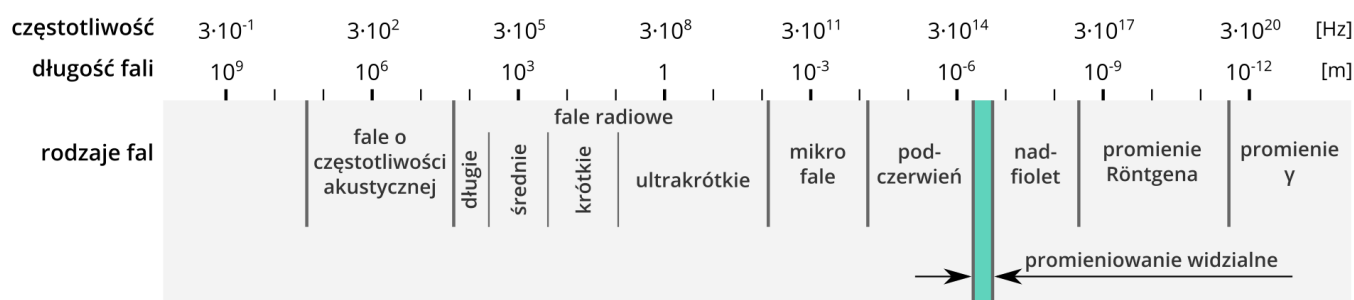
W próżni wszystkie rodzaje fal elektromagnetycznych rozchodzą się z jednakową prędkością (c), która wynosi $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Długość fali będzie wtedy równa:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

2. Zakresy długości fal elektromagnetycznych i ich zastosowanie

Zakresy długości fal elektromagnetycznych

Rodzaj fali	Długość fali
fale radiowe	powyżej 1 m
mikrofale	od 1 mm do 1 m
podczerwień	od 700 nm do 1 mm
światło widzialne	od 380 nm do 700 nm
ultrafiolet	od 10 nm do 380 nm
promieniowanie rentgenowskie	od 5 pm do 10 nm



Fale zostały uszeregowane według rosnącej częstotliwości i malejącej długości, ponieważ im fala jest dłuższa, tym ma mniejszą częstotliwość. Fale o dużych częstotliwościach, tj. ultrafiolet, promieniowanie rentgenowskie i gamma, niosą ze sobą dużą energię. Oddziaływanie tych fal z organizmami żywymi może zakończyć się uszkodzeniem komórek, a nawet śmiercią (jeśli dawka promieniowania jest duża)

Przykład 1

W kuchence mikrofalowej wykorzystuje się fale o częstotliwości 2,45 GHz. Jaką długość mają te fale? Prędkość rozchodzenia się mikrofal wynosi $3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Dane:

$$f = 2,45 \text{ GHz} = 2,45 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Szukane:

$$\lambda = ?$$

Wzór:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Obliczenia:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,45 \cdot 10^9 \text{ Hz}} \cong 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 0,12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$$

Odpowiedź:

Mikrofale wykorzystywane w kuchence mikrofalowej mają długość około 12 cm.

Ćwiczenie 1

Uszereguj wymienione fale elektromagnetyczne według rosnącej częstotliwości.

promieniowanie podczerwone



fale radiowe



promieniowanie gamma



promieniowanie rentgenowskie



ultrafiolet



mikrofale



światło widzialne



Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Fale radiowe i telewizyjne mają najmniejsze częstotliwości. Są wykorzystywane przede wszystkim w komunikacji. Dzięki ich istnieniu możliwe jest przekazywanie obrazu i dźwięku, co jest podstawą działania stacji radiowych i telewizyjnych. Ze względu na długość fale radiowe dzieli się na długie i krótkie. Na tzw. falach krótkich nadają rozgłośnie radiowe, które wykorzystują różne częstotliwości nadawania dla różnych miejsc w kraju. Są też stacje, które na obszarze całej Polski nadają na jednej częstotliwości – wtedy wykorzystywane są tzw. fale długie. Dzięki nim można odbierać programy stacji radiowych z innych krajów europejskich.

Fale radiowe znalazły też zastosowanie w obserwacjach astronomicznych. W kosmosie występują ciała niebieskie będące naturalnymi źródłami fal radiowych. W obserwatoriach wykorzystuje się radioteleskopy, które umożliwiają prowadzenie tzw. nasłuchu, czyli badań odległych zakątków kosmosu.



Radioteleskop znajduje się w północnej części Chile na pustyni Atakama. Jego średnica wynosi 12 m, a masa 125 ton. Zbudowano go w ramach współpracy Radioastronomicznego Instytutu Maxa Plancka, Obserwatorium Onsala (OSO) i Południowego Obserwatorium Europejskiego (ESO)

Mikrofale najczęściej kojarzone są z kuchenką mikrofalową, a jest to tylko jedno z wielu możliwych ich zastosowań. Są wytwarzane przez specjalne lampy elektronowe. Mikrofale rozchodzą się bez problemów w powietrzu, nawet przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych (mgła, opady). Dzięki temu znalazły zastosowanie w radarach – urządzeniach służących do określania położenia. Radary stosuje się w meteorologii, np. do śledzenia chmur deszczowych. Mikrofale znalazły zastosowanie także w łączności radioliniowej i satelitarnej, tzn. między satelitą a Ziemię (telefony, faksy, transmisja danych) oraz między satelitami. Częstotliwość odpowiadająca mikrofalom wykorzystywana jest również w: telefonii komórkowej, nawigacji GPS, łączności bluetooth i bezprzewodowych sieciach komputerowych WLAN.

Zapamiętaj!

Mikrofale to fale elektromagnetyczne stosowane w radarach, łączności satelitarnej i nawigacji GPS.

Ćwiczenie 2

Wybierz wszystkie prawdziwe stwierdzenia dotyczące fal radiowych i mikrofal.

☐ Fale radiowe i mikrofae rozchodzą się w próżni z prędkością 300000 km/s.

☐ Fale radiowe mają długość od 10 cm do 10 km.

☐ Mikrofae są emitowane przez ciała ciepłe i gorące.

☐ Fale radiowe mają mniejszą częstotliwość niż mikrofae.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Mikrofae mają znalazły zastosowanie w radarach. Radar wysyła mikrofałę o częstotliwości 5 GHz. Długość tej fali jest równa około

☐ 0,6 m.

☐ 6 cm.

☐ 6 m.

☐ 60 cm.

☐ 0,006 m.

☐ 0,06 m.

☐ 600 cm.

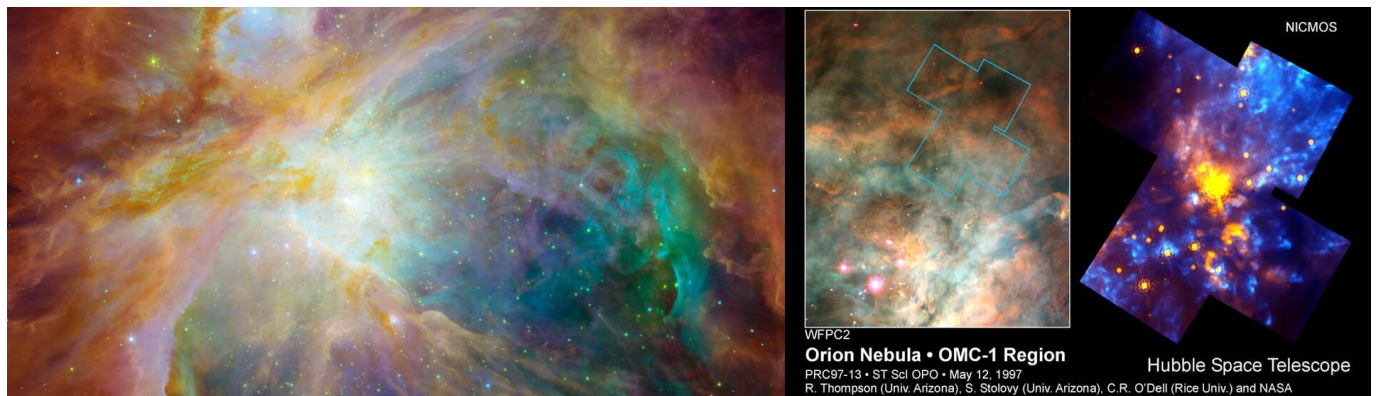
☐ 60 m.

☐ 0,6 cm.

☐ 0,06 cm.

Promieniowanie podczerwone jest wysyłane przez wszystkie ciała o temperaturze wyższej niż zero absolutne. Źródłem podczerwieni jest rozgrzane żelazko, żarówka, skóra człowieka, Słońce itp. Niektóre termometry działają na zasadzie pomiaru częstotliwości wysyłanego przez skórę promieniowania. Dzięki temu, że ciało człowieka jest źródłem podczerwieni, w nocy można prowadzić obserwacje za pomocą noktowizorów i kamer termowizyjnych. W ten sam sposób otoczenie obserwują żmije, gdyż mają one receptory działające tak jak noktowizor.

Powierzchnie ciał stałych i cieczy nagrzewają się dzięki podczerwieni, ponieważ częstotliwość fali i częstotliwość drgań cząsteczek ciał stałych i cieczy są zbliżone. Promieniowanie podczerwone nie ogrzewa gazów, więc astronomowie wykorzystują tę właściwość do obserwacji rodzących się gwiazd w mgławicach. Podczerwień znalazła zastosowanie również w przesyłaniu danych – w aparatach komórkowych IRDA oraz w światłowodach. Płyty CD odczytywane są przez lasery wytwarzające światło o długościach 650–790 nm.

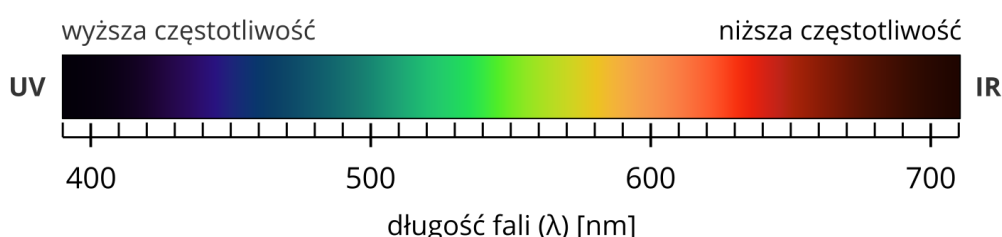


Zdjęcie wykonane w podczerwieni

Zapamiętaj!

Podczerwień wysyłają różne ciała, np. żarówki, Słońce, ciało człowieka. Ogrzewa ciała stałe i ciecze, na które pada. Wykorzystuje się ją m.in. w noktowizorach i kamerach termowizyjnych.

Światło widzialne, czyli rejestrowane przez ludzki wzrok, mieści się w zakresie od 400 nm do 780 nm. Oko odbiera fale o różnych częstotliwościach i ich złożenia, mózg interpretuje je zaś jako kolory.

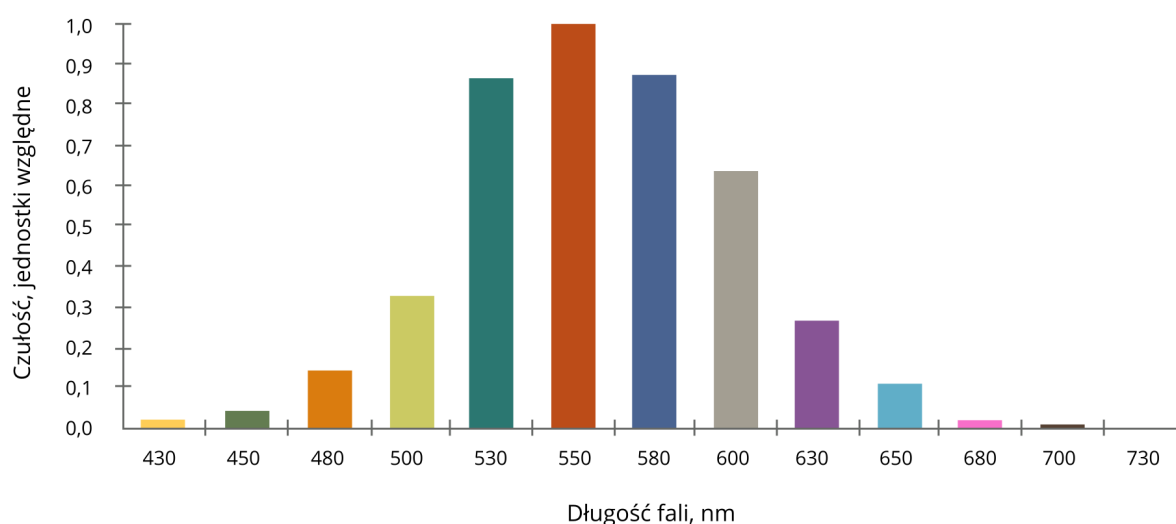


Długości fal podano w nanometrach.

Zakresy długości fal odpowiadających poszczególnym kolorom

Kolor	Długość fali [nm]
fioletowy	400–450
niebieski	450–500
zielony	500–570
żółty	570–590
pomarańczowy	590–610
czerwony	610–780

Czułość oka ludzkiego



Narząd wzroku jest najbardziej wrażliwy na kolor zielony i jego odcienie. Dlatego też w sygnalizatorach świetlnych stosuje się kolor zielony jako sygnał do ruszenia. Warto też wykorzystywać ten kolor, gdy notujemy ważne informacje. Wśród wielu linijek jednobarwnego (czarnego, niebieskiego) tekstu oko skupi się na fragmencie zapisanym (zaznaczonym) na zielono

Ultrafiolet (UV) to promieniowanie, które dociera do nas razem z promieniami słonecznymi. Jest ono niezbędne do wytwarzania witaminy D w organizmie człowieka, ale nadmiar tego promieniowania może grozić poważnymi konsekwencjami. Gdy się opalasz, to właśnie promieniowanie UV wywołuje opaleniznę, ale czasem poparzenie skóry. Długotrwałe opalanie się powoduje uszkodzenia włókien kolagenowych skóry oraz szybsze jej starzenie się (powstawanie zmarszczek). Zbyt duże dawki promieniowania UV mogą prowadzić do trwałych zmian skórnych, nawet nowotworowych. Dlatego ważna jest ochrona przed tym promieniowaniem. Warto stosować kremy z filtrem UV (im wyższy wskaźnik ochrony przeciwsłonecznej, tym lepiej), które rzeczywiście chronią skórę.

Pamiętajcie też, że promieniowanie UV zawiera światło łuku elektrycznego, powstające podczas spawania elektrycznego (oglądamy takie światło np. podczas spawania szyn tramwajowych). Kilkunastosekundowe patrzenie na taki łuk wywoła uszkodzenie wzroku.



Promieniowanie UV może służyć do odczytywania znaków wodnych na banknotach. Jego źródłem są lampy kwarcowe. Ultrafiolet wpływa niekorzystnie na organizmy żywe, co wykorzystuje się w szpitalach np. do wyjaławienia pomieszczeń lub sterylizacji sprzętu medycznego. Promieniowanie UV stosuje się także w kryminalistyce do obserwacji śladów biologicznych, np. krwi

Zapamiętaj!

Ultrafiolet to fala elektromagnetyczna o częstotliwości większej od światła widzialnego. Źródłami ultrafioletu są Słońce i lampy kwarcowe. Ma zastosowanie m.in. w sterylizacji pomieszczeń szpitalnych i w kryminalistyce.

Ćwiczenie 4

Uzupełnij puste miejsca wybierając brakujące elementy z listy.

Promieniowanie podczerwone wysyłane przez wszystkie ciała.

Podczerwień do fal elektromagnetycznych.

Jej częstotliwość jest częstotliwości światła widzialnego.

Najmniejsza długość fali światła widzialnego odpowiada kolorowi ,

a największa długość fali kolorowi .

Ludzkie oko jest najbardziej czułe na kolor .

Ultrafiolet należy do fal elektromagnetycznych o długości długości fal światła widzialnego,

więc jest dla ludzkiego oka.

zalicza się

zielony

fioletowy

żółty

zielonemu

fioletowemu

żółtemu

nie jest

widzialny

mniejsza od

pomarańczowemu

mniejszej od

jest

fioletowemu

pomarańczowemu

czerwony

pomarańczowy

żółtemu

czerwonemu

równa

niebieski

niebieskiemu

większa od

zielonemu

niewidzialny

nie zalicza się

większej od

równej

niebieskiemu

czerwonemu

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

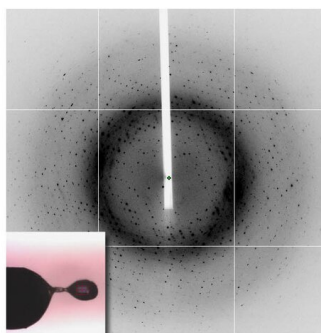
Ćwiczenie 5

Przeczytaj uważnie zdania. Oceń, czy są prawdziwe czy fałszywe.

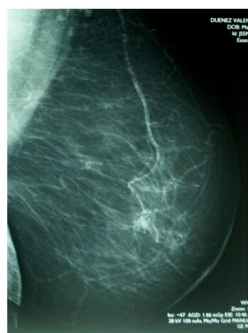
	Prawda	Fałsz
Promieniowanie podczerwone wykorzystuje się w kamerach termowizyjnych.	☐	☐
Promieniowanie ultrafioletowe sprzyja wytwarzaniu witaminy D w organizmie człowieka.	☐	☐
Ultrafiolet może niszczyć organizmy żywe, więc stosuje się go do sterylizacji.	☐	☐
Źródłem promieniowania podczerwonego są lampy kwarcowe.	☐	☐

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

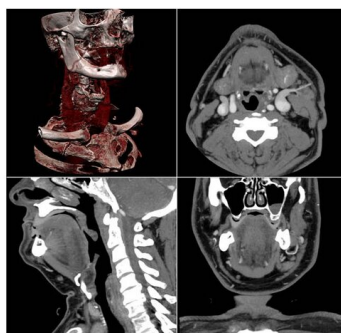
W 1895 roku Wilhelm Röntgen odkrył **Promieniowanie rentgenowskie** (X). Jego źródłem są specjalne lampy. Emitują one promieniowanie w wyniku hamowania rozpędzonych elektronów na metalowej elektrodzie. Promieniowanie rentgenowskie ma szerokie zastosowanie w diagnostyce medycznej (prześwietlenia RTG, mammografia i inne), ponieważ przenika przez skórę i jest pochłaniane przez kości. Zbyt duża dawka tego promieniowania może prowadzić do uszkodzeń narządów wewnętrznych i zmian chorobowych, dlatego podczas badań stosuje się osłony – fartuchy wykonane gumy z zawartością tlenków ołowiu. Promieniowanie takie może uszkodzić materiał genetyczny komórek i doprowadzić do zmian genetycznych potomstwa.



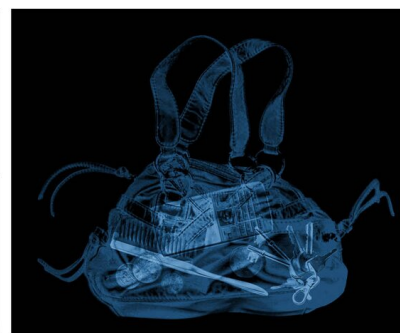
Krystalografia rentgenowska



Mammografia



Rentgenowska tomografia komputerowa



Skanowanie bagażu na lotnisku za pomocą promieni X

Promieniowanie X jest wykorzystywane w mammografii i prześwietleniach CT oraz do prześwietlania zawartości bagażu



W 1901 roku otrzymał pierwszą nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki „za nadzwyczajne zasługi oddane poprzez odkrycie promieni noszących jego imię”

Wilhelm Konrad Röntgen

27.03.1845–10.02.1923

W 1895 roku Röntgen odkrył nowy typ promieniowania, który przenikał przez papier i tekturę. Ze względu na ograniczoną wiedzę nazwał je promieniowaniem X. Pierwszą osobą, na której przetestował swoje odkrycie, była jego żona Berta. Dzięki zrobionemu zdjęciu mogła zobaczyć fragment swojego szkieletu, a dokładnie dłoń. Röntgen opublikował wyniki swojej pracy, do której dołączył zdjęcie ręki żony, gdyż obawiał się, że ktoś może również dokonać takiego samego odkrycia. Bardzo szybko znaleziono praktyczne zastosowanie tego promieniowania – głównie do wykonywania prześwietleń. Trzy miesiące później przeprowadzono pierwszą operację z wykorzystaniem promieni X. Dawkę promieniowania jonizującego i pierwiastek o liczbie atomowej 111 nazwano rentgenem.

Zapamiętaj!

Promieniowanie rentgenowskie to fala elektromagnetyczna o dużej częstotliwości. Jest przenikliwa, dzięki czemu można prześwietlać bagaże na lotniskach i przeprowadzać badania diagnostyczne.

Promieniowanie gamma jest falą elektromagnetyczną o największej częstotliwości i najmniejszej długości fali. Jest dużo bardziej przenikliwe niż promieniowanie X, może swobodnie przenikać przez papier, tekturę, aluminium. Pochłaniane jest przez warstwę ołowiu. Źródłem tego promieniowania są różne pierwiastki promieniotwórcze. Niektóre z nich stosowane są w medycynie i radioterapii. Więcej temat promieniowania gamma dowiedzie się z rozdziałów poświęconych fizyce jądrowej i atomowej.

Ćwiczenie 6

Wybierz zdanie prawdziwe.

- ☐ Promieniowanie rentgenowskie przenika przez warstwę ołowiu.
- ☐ Promieniowanie gamma i promieniowanie rentgenowskie ma zastosowanie w medycynie.
- ☐ Promieniowanie rentgenowskie jest bardziej przenikliwe niż promieniowanie gamma.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Podsumowanie

- Fale elektromagnetyczne są falami poprzecznymi, które rozchodzą się z prędkością 300 000 km/s.
- Długość fali (λ) oblicza się ze wzoru:
$$\lambda = \frac{v}{f}$$
gdzie
 v – prędkość rozchodzenia się fali
 f – częstotliwość.
- Im większa jest długość fali, tym mniejsza jest jej częstotliwość. Mówimy, że długość i częstotliwość fali są do siebie odwrotnie proporcjonalne.
- Do fal elektromagnetycznych zaliczamy fale radiowe i telewizyjne, mikrofałe, podczerwień, światło widzialne, ultrafiolet, promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma.
- Fale radiowe mają największą długość fali i najmniejszą częstotliwość. Znalazły zastosowanie w radiofonii i telewizji.
- Mikrofałe mają mniejszą długość niż fale radiowe. Stosowane są m.in. w radarach, łączności satelitarnej, kuchenkach mikrofalowych.
- Podczerwień jest emitowana przez ciała ciepłe i gorące, także przez ciało człowieka.
- Ultrafiolet ma większą częstotliwość niż światło widzialne. Źródłem ultrafioletu są lampy kwarcowe i Słońce.
- Promieniowanie rentgenowskie jest przenikliwe, zatrzymuje je warstwa ołowiu.
- Promieniowanie gamma ma największą częstotliwość i jest najbardziej przenikliwe.

Praca domowa

Obserwacja 1.1

Obserwacja promieniowania podczerwonego.

Co będzie potrzebne

- telefon komórkowy wyposażony w kamerę lub aparat fotograficzny z możliwością nagrywania plików audiowizualnych;
- piloty do różnych urządzeń, np. telewizora, wieży Hi-Fi, bramy itp.

Instrukcja

1. Włącz kamerę w telefonie lub aparacie.
2. Skieruj kamerę na diodę pilota.
3. Przytrzymaj dowolny przycisk na pilocie i rozpocznij nagrywanie. Przerwij je po kilku sekundach.
4. Naciśnij inny przycisk na pilocie i powtórz czynność 2. i 3.
5. Zmień pilota, powtórz czynności od 2. do 4.

Podsumowanie

Po odtworzeniu filmów okazało się, że kamera zarejestrowała:

.....
.....
.....

Wniosek: Piloty wysyłają

.....
.....

Słowniczek

fale radiowe i telewizyjne

– fale elektromagnetyczne o najmniejszej częstotliwości. Są wykorzystywane w radiofonii i telewizji oraz do obserwacji astronomicznych.

mikrofale

– fale elektromagnetyczne stosowane w radarach, łączności satelitarnej, nawigacji GPS.

podczerwień

– wysyłana jest przez różne ciała, np. żarówki, Słońce, ciało człowieka. Ogrzewa ona ciała stałe i ciecze, które ją pochłaniają. Ma zastosowanie m.in. w noktowizorach, kamerach termowizyjnych.

promieniowanie rentgenowskie (X)

– fala elektromagnetyczna o dużej częstotliwości. Jest przenikliwa, co pozwala na prześwietlanie bagaży na lotniskach i przeprowadzanie badań diagnostycznych.

ultrafiolet (UV, nadfiolet)

– fala elektromagnetyczna o częstotliwości większej od częstotliwości światła widzialnego. Źródłem ultrafioletu są Słońce i lampy kwarcowe. Ultrafiolet znalazł zastosowanie m.in. w sterylizacji pomieszczeń i kryminalistyce.

Zadania podsumowujące lekcję

Rozwiąż krzyżówkę.

- Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 8

Polskie Radio Program Pierwszy nadaje w pewnym regionie na częstotliwości 100MHz.
Długość tej fali jest równa około

☐ 3 cm.

☐ 0,3 cm.

☐ 3000 m.

☐ 3000 cm.

☐ 3 m.

☐ 300 m.

☐ 30 cm.

☐ 300 cm.

☐ 0,3 m.

☐ 30 m.

Źródło: Magdalena Grygiel <Magdalena.Grygiel@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 9

Do wymienionych rodzajów fal elektromagnetycznych dopasuj ich własności i zastosowanie.

Fale radiowe

obserwacje astronomiczne

topografia

prześwietlenia RTG

radary

światłowody

jest pochłaniane przez kości

mammografia

stacje radiowe

przesyłanie danych - IRDA

badanie dna morskiego

nawigacja GPS

najmniejsze długości fal

łączność satelitarna

największa częstotliwość

noktowizja

źródłem jest ciało człowieka

stacje telewizyjne

najmniejsza częstotliwość

krótka długość fali

największe długości fal

przenikają przez ołów

kuchenka mikrofalowa

Mikrofale

Podczerwień

Promieniowanie rentgenowskie

Elementy niepasujące do żadnej kategorii

Podsumowanie wiadomości o magnetyzmie i elektromagnetyzmie

Ten dział poświęcony został oddziaływaniom magnetycznym. Napisaaliśmy o magnesach stałych i ich biegunach, otaczającym je polu magnetycznym, oddziaływaniu magnesów między sobą i na inne substancje. Przedstawiliśmy Ziemię jako wielki magnes sztabkowy i wyjaśniliśmy, jak działa kompas. Substancje ze względu na ich właściwości magnetyczne podzieliśmy na ferro-, para- i diamagnetyki. Pokazaliśmy związek między prądem a magnetyzmem oraz jak ta zależność znalazła zastosowanie w elektromagnesach i silnikach elektrycznych, a także jak przejawia się ona w istnieniu fal elektromagnetycznych (radiowych, świetlnych czy rentgenowskich). Ponadprogramowo przedstawiliśmy ci zjawisko indukcji elektromagnetycznej oraz przykłady jego zastosowania w prądnicach i transformatorach.

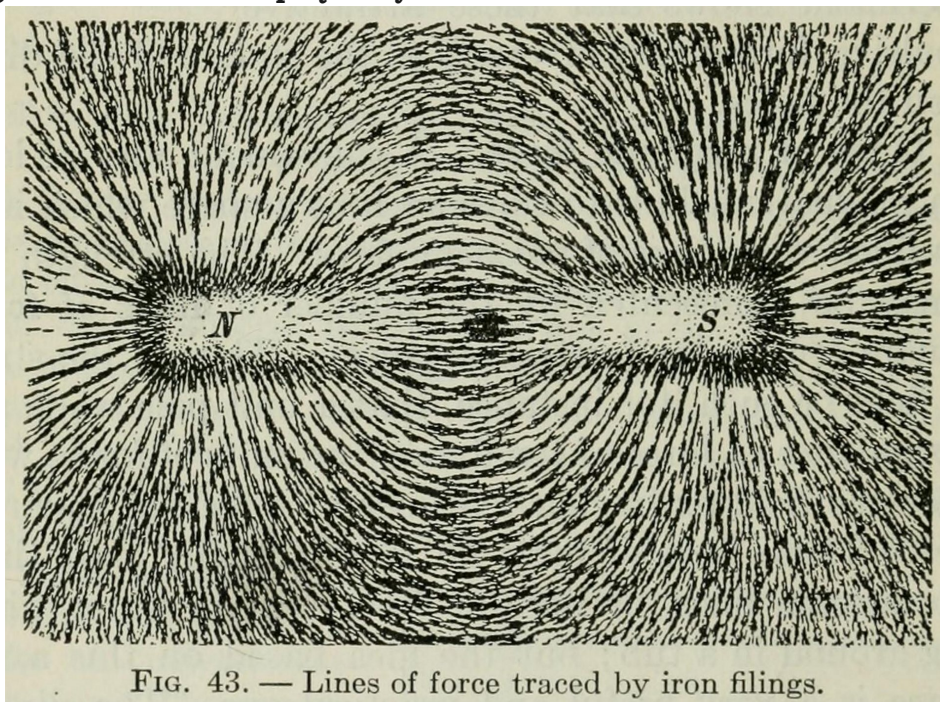
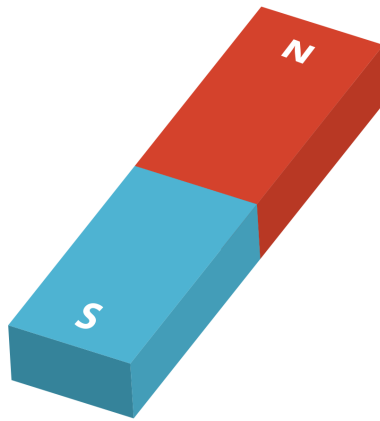


FIG. 43. — Lines of force traced by iron filings.

Zjawiska magnetyczne od wielu stuleci fascynowały uczonych i wynalazców. I bardzo słusznie – badanie tych zjawisk doprowadziło bowiem do wielu niezwykłych odkryć i powstania urządzeń, które zmieniły oblicze ludzkości

1. Magnes trwały

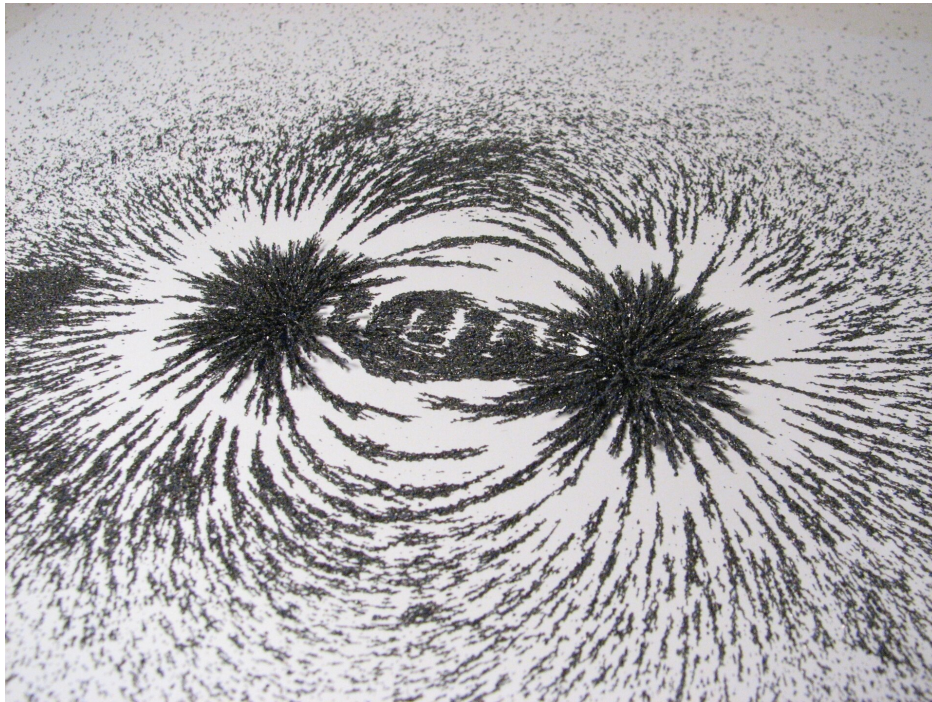


Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

Magnes – ciało, które przyciąga żelazo albo przyciąga lub odpycha inne magnesy.

1. Każdy magnes posiada dwa bieguny:
 - północny – oznaczony symbolem N;
 - południowy – oznaczony symbolem S.
2. Magnes podzielony na pół utworzy dwa magnesy, z których każdy będzie miał dwa bieguny.
3. Bieguny magnesów oddziałują wzajemnie jeden na drugi:
 - jednoimienne się odpychają;
 - różnoimienne się przyciągają.

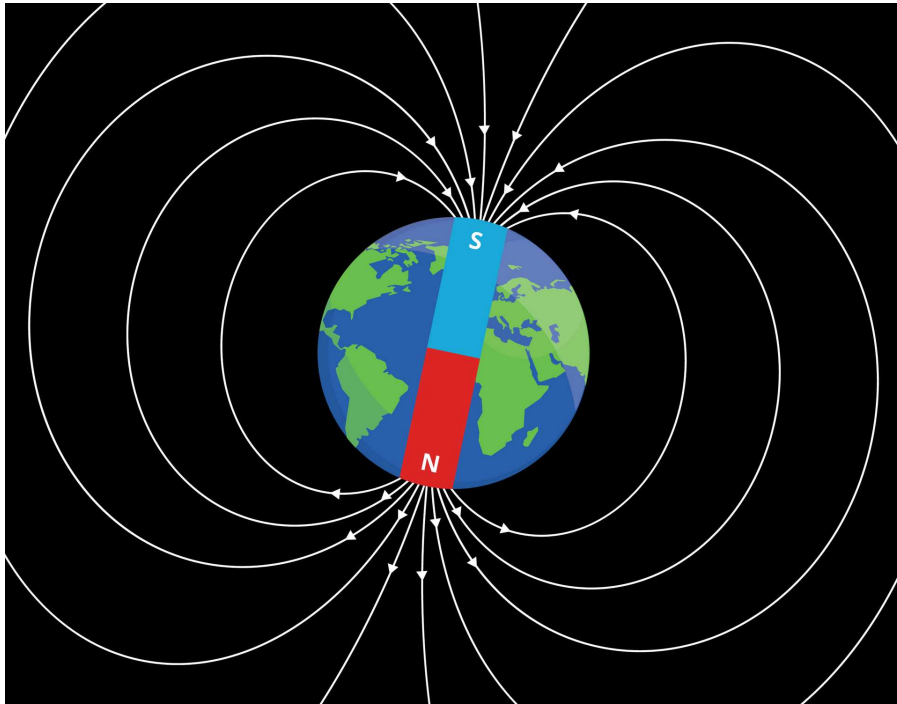
2. Pole magnetyczne magnesu



Źródło: oskay (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

1. Przestrzeń wokół magnesu nazywana jest **polem magnetycznym**. Na umieszczone przedmioty żelazne lub inne magnesy umieszczone w tej przestrzeni działa siła magnetyczna.
2. Pole to można przedstawić graficznie za pomocą linii sił pola. Ich kształt najłatwiej pokazać za pomocą opiłków żelaznych rozsypanych wokół magnesu.
3. Pole magnetyczne jest najsilniejsze w pobliżu biegunów i właśnie tam linie sił pola są najbardziej zagęszczone.
4. Liniom pola nadaje się zwrot od bieguna północnego (N) do bieguna południowego (S).

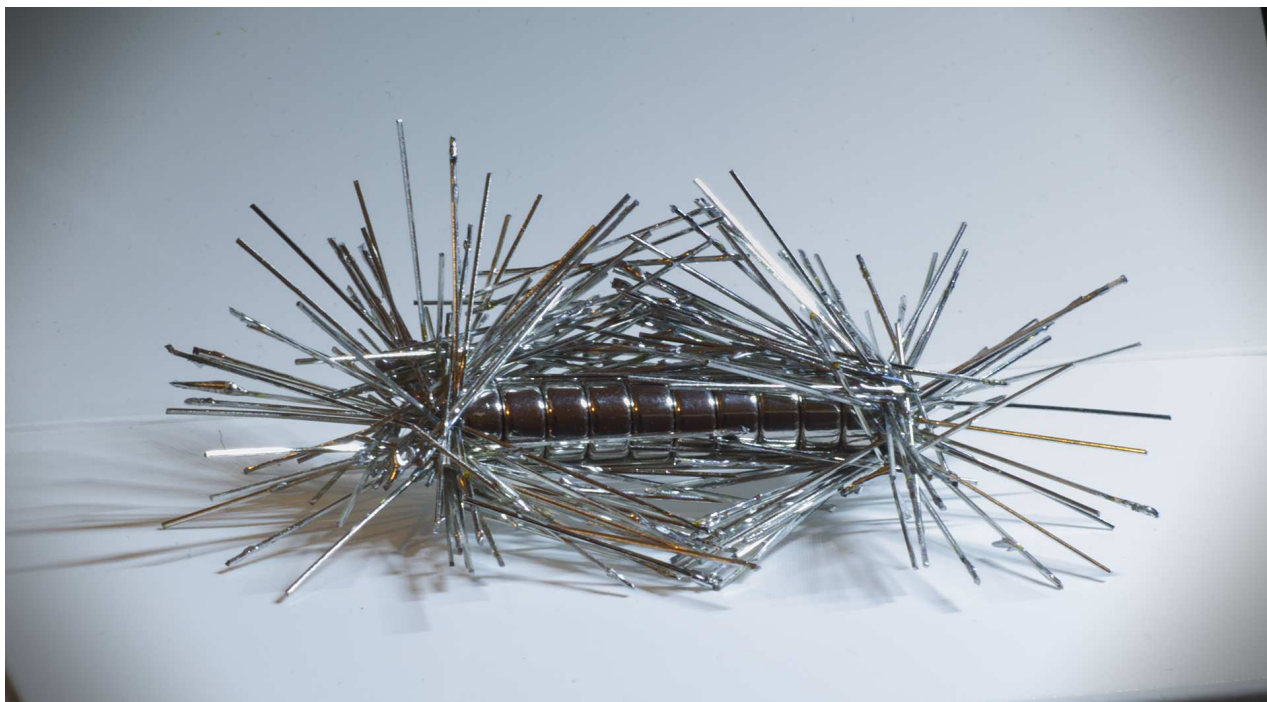
3. Pole magnetyczne Ziemi. Kompas



Rozkład linii pola magnetycznego wokół Ziemi

1. Ziemia jako planeta jest otoczona i wypełniona polem magnetycznym.
2. Jego obecność można wykryć za pomocą igły magnetycznej (małego, lekkiego magnesu w kształcie igły), która może się swobodnie obracać. Wszystkie takie igły zostawione swobodnie ustawiają się w kierunku północ – południe.
3. Koniec igły skierowany w kierunku północnym nazwano biegunem północnym (N).
4. Powyższe właściwości igły magnetycznej wykorzystuje się w działaniu kompasu.
5. **Kompas** jest przyrządem, którego zasadniczym elementem jest igła magnetyczna, często mająca kształt strzałki (grot strzałki to biegun N), umieszczona na tle tarczy z podziałką kątową. Igła ta może się obracać w płaszczyźnie poziomej.
6. Pole magnetyczne Ziemi ma taki kształt, jakby wewnątrz Ziemi znajdował się ogromny magnes sztabkowy.
7. Południowy biegun magnetyczny Ziemi znajduje się w pobliżu północnego bieguna geograficznego, a północny biegun magnetyczny w pobliżu geograficznego bieguna południowego.
8. Pole magnetyczne Ziemi, zwane też magnetosferą, sięga daleko w przestrzeń kosmiczną – znacznie dalej niż atmosfera.

4. Substancje magnetyczne

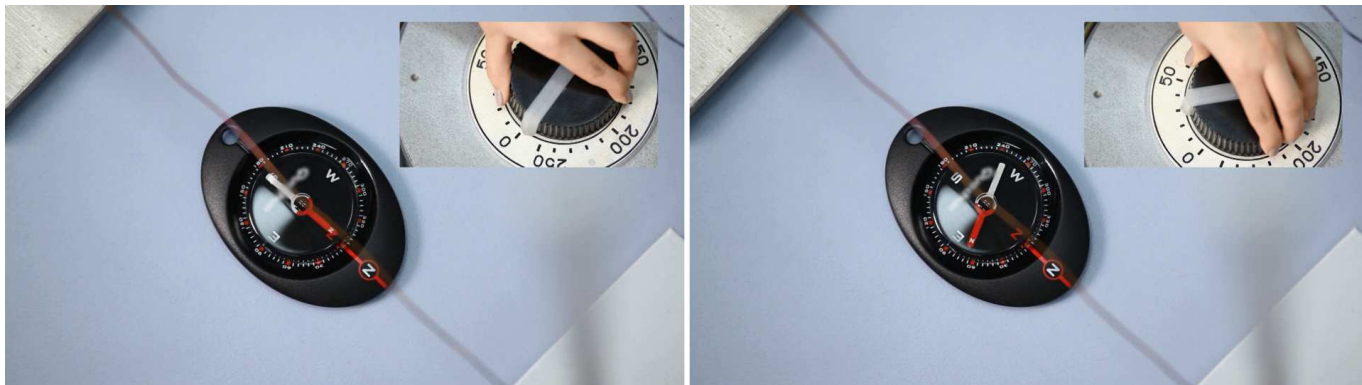


Źródło: ben_osteen (<https://www.flickr.com>), licencja: CC BY 2.0.

Ze względu na to, jak magnesy oddziałują na inne substancje, dzielimy je na trzy kategorie:

1. **Ferromagnetyki** – silnie przyciągane przez magnes, w obecności innych magnesów same stają się magnesami.
 - przykłady: żelazo, kobalt, nikiel, neodym oraz związki i stopy tych metali.
 - zastosowanie: budowa magnesów trwałych, rdzenie elektromagnesów, rdzenie transformatorów, nośniki pamięci (dyski, dyskietki, taśmy magnetyczne, paski magnetyczne), uchwyty magnetyczne i wiele innych.
2. **Paramagnetyki** – słabo przyciągane przez magnes.
 - przykłady: aluminium, sód, potas, lit.
3. **Diamagnetyki** – słabo odpychane przez magnes.
 - przykłady: miedź i jej stopy (w tym mosiądz), grafit, bizmut, złoto, woda destylowana, gazy szlachetne, cukry i inne związki organiczne.

5. Pole magnetyczne prądu



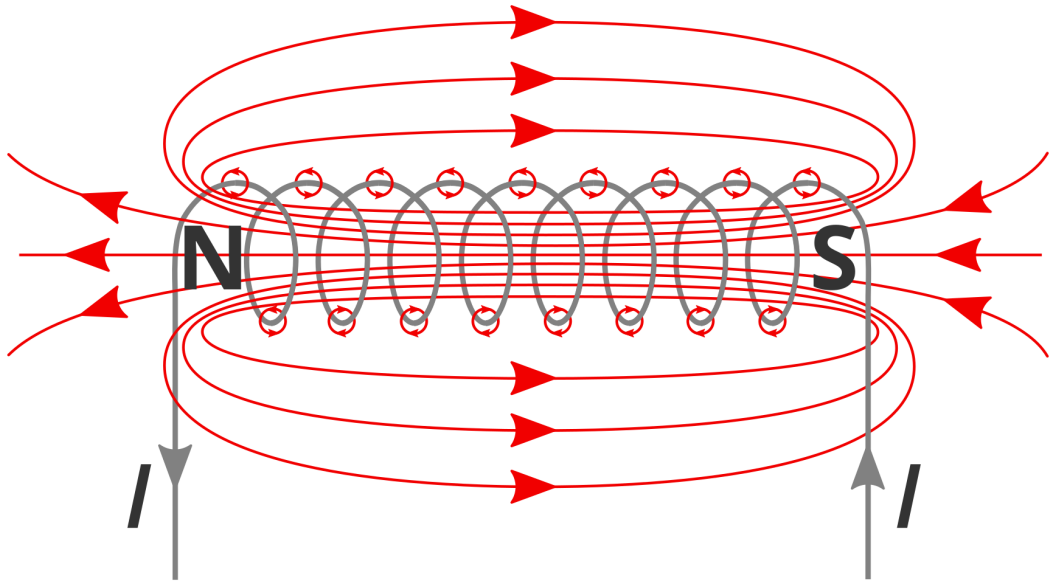
Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

1. Jeśli przez przewodnik płynie prąd, to wokół tego przewodnika powstaje pole magnetyczne.
2. Obecność oraz kierunek linii tego pola można wykryć za pomocą igły magnetycznej.
3. Zmiana kierunku przepływu prądu w przewodniku wywołuje zmianę kierunku pola magnetycznego wokół niego.
4. Układ linii pola magnetycznego wokół przewodnika z prądem zależy od kształtu przewodnika.
5. Powstające wokół prostoliniowego przewodnika z prądem pole magnetyczne ma kształt współśrodkowych okręgów.



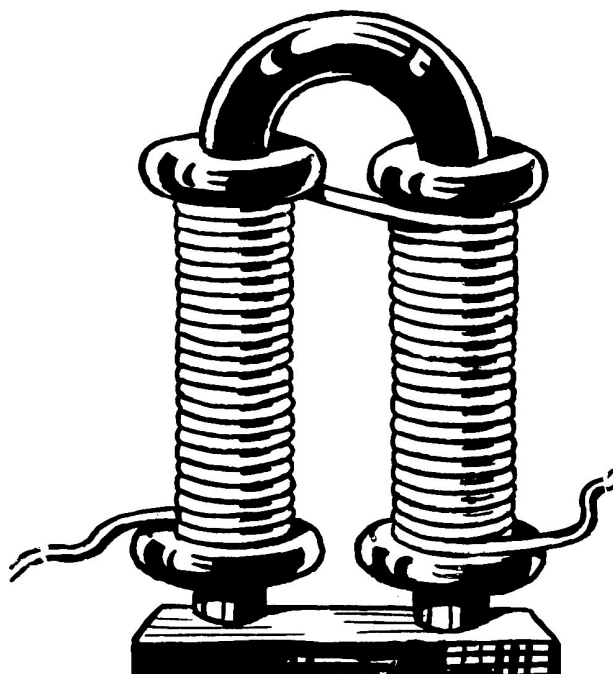
Źródło: UniServeScienceVIDEO (<https://www.youtube.com>), licencja: CC BY 3.0.

6. Pole magnetyczne wokół zwojnicy przypomina kształtem pole wokół magnesu sztabkowego.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

6. Elektromagnesy

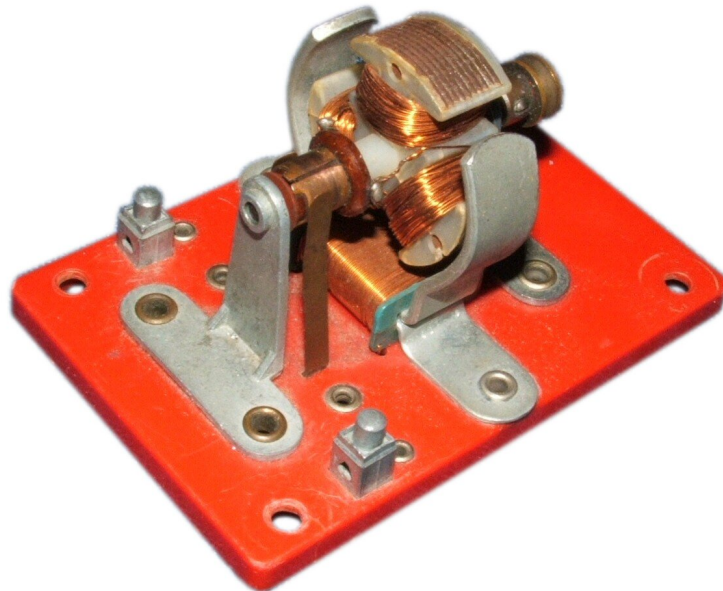


Źródło: Pearson Scott Foresman (<https://commons.wikimedia.org>), public domain.

1. **Elektromagnes** to magnes powstający w wyniku przepływu prądu elektrycznego.
2. Elektromagnes najczęściej zbudowany jest ze zwojnicy, w której płynie prąd, i ferromagnetycznego rdzenia, wzmacniającego pole magnetyczne.

3. Elektromagnesy oddziałują na siebie wzajemnie i z magnesami: przyciągają się biegunami różnoimiennymi, a odpychają – jednoimiennymi.
4.
 - dźwigi elektromagnetyczne na złomowiskach;
 - zamki i zawory elektromagnetyczne;
 - włączniki i styczniki elektromagnetyczne;
 - akceleratorzy;
 - urządzenia do magnetycznego rezonansu jądrowego.

7. Silnik elektryczny

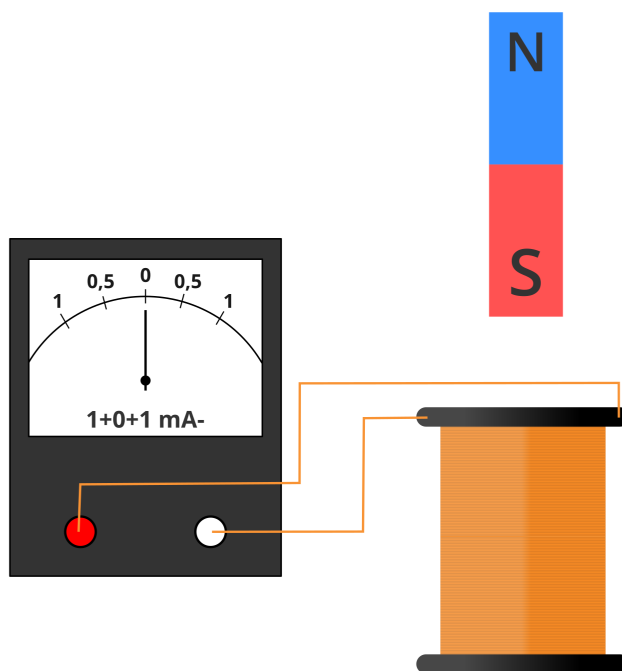


Źródło: Luigi Chiesa (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

1. Na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym działa siła zwana siłą elektrodynamiczną.
2. Siła ta działa prostopadle do przewodnika oraz prostopadle do linii pola magnetycznego. Zależy od kierunku i natężenia prądu oraz od ustawienia przewodnika względem linii pola.
3. Oddziaływanie to można wyjaśnić na podstawie oddziaływania magnesu z polem magnetycznym wytworzonym przez prąd płynący w przewodniku.
4. Oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem znalazło zastosowanie w silnikach elektrycznych.
5. W silniku elektrycznym energia elektryczna zamieniana jest na energię mechaniczną.
6. Silnik na prąd stały zbudowany jest z:
 - stojana – tworzą go magnesy trwałe lub elektromagnesy;

- wirnika – ułożyskowanej zwojnicy, umieszczonej między magnesami, czyli wewnątrz stojana.
7. Wirnik, w którym płynie prąd, staje się elektromagnesem, który oddziałuje na magnesy. Dzięki temu wirnik się obraca.

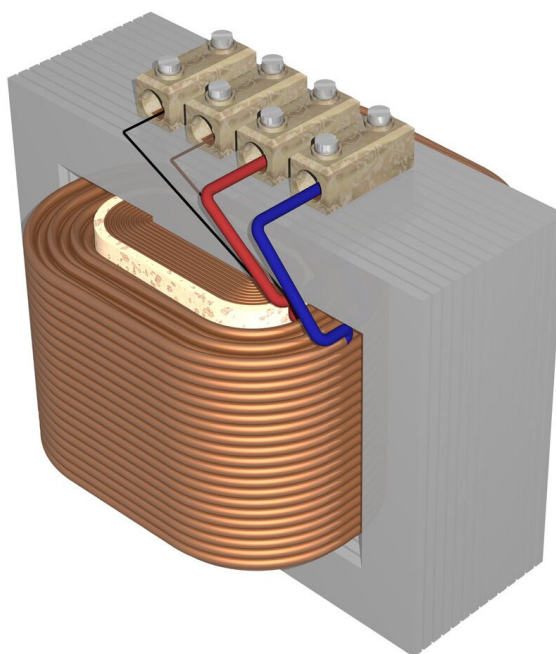
8. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

1. Względny ruch magnesu i przewodnika sprawia, że zaczyna płynąć prąd. Nazywamy go **prądem indukcyjnym**.
2. W przewodniku umieszczonym w zmiennym polu magnetycznym powstaje napięcie elektryczne – zjawisko to nazywamy **indukcją elektromagnetyczną**.
3. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej zostało odkryte niezależnie przez dwóch naukowców – [Michaela Faraday'a](#) i [Josepha Henry'ego](#).

9. Prądnica i transformator

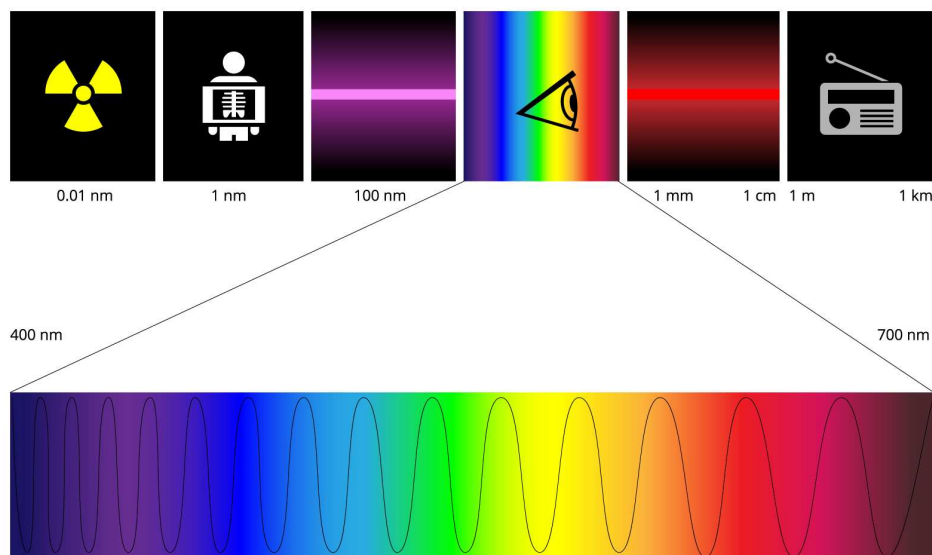


Źródło: Mtdorov 69 (<https://commons.wikimedia.org>), licencja: CC BY-SA 3.0.

1. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej znalazło zastosowanie w prądnicach i transformatorach prądu zmiennego.
2. W prądniczy energia mechaniczna zamieniana jest na energię elektryczną.
3. Prądnica (generator prądu) to zwojnica obracająca się w polu magnetycznym.
4. Przykładem prądnicy jest prądnica rowerowa (tzw. dynamo).
5. Transformator to urządzenie służące do obniżania lub podwyższania napięcia elektrycznego.
6. Transformator zbudowany jest z uzwojenia pierwotnego i wtórnego, które są umieszczone na wspólnym rdzeniu ferromagnetycznym.
7. Przepływ prądu zmiennego w uzwojeniu pierwotnym wzbudza przepływ prądu w uzwojeniu wtórnym. Jest to możliwe dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej.
8. Za pomocą liczby zwojów na uzwojeniu pierwotnym i wtórnym możemy regulować napięcie powstające na uzwojeniu wtórnym. Przedstawia to proporcja:

$$\frac{\text{napięcie wyjściowe}}{\text{napięcie wejściowe}} = \frac{\text{liczba zwojów uzwojenia wtórnego}}{\text{liczba zwojów uzwojenia pierwotnego}} \text{ lub } \frac{U_w}{U_p} = \frac{z_w}{z_p}$$

10. Fale elektromagnetyczne



Źródło: ContentPlus, licencja: CC BY 3.0.

1. Fale elektromagnetyczne powstają w wyniku zaburzenia pola magnetycznego lub elektrycznego. Dzieje się tak, ponieważ prąd elektryczny jest źródłem pola magnetycznego, a źródłem prądu jest zmienne pole magnetyczne. W efekcie wzajemnej zależności elektryczności i magnetyzmu w przestrzeni rozchodzi się zaburzenie nazywane falą elektromagnetyczną.
2. Fale elektromagnetyczne rozchodzą się w próżni z prędkością 300 000 km/s.
3. Długość fali (λ) oblicza się ze wzoru:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$
 lub w próżni $\lambda = \frac{c}{f}$
 gdzie v – prędkość rozchodzenia się fali, f – częstotliwość.
4. Im większa jest długość fali, tym mniejsza jest jej częstotliwość. Mówimy, że długość i częstotliwość fali są do siebie odwrotnie proporcjonalne.
5. Do fal elektromagnetycznych zaliczamy:
 - o **fale radiowe** – mają największą długość fali i najmniejszą częstotliwość. Znalazły zastosowanie w radiofonii i telewizji oraz telekomunikacji;
 - o **mikrofale** – mają mniejszą długość niż fale radiowe, stosowane są m.in. w radarach, łączności satelitarnej, kuchenkach mikrofalowych, telefonii komórkowej;
 - o **podczerwień** – ma długość fali mniejszą od mikrofal, ale większą od światła widzialnego, emitowana jest przez wszystkie ciała o temperaturze większej od zera bezwzględnego, także przez ciało człowieka; podczerwień jest stosowana m.in. w noktowizorach, termowizji oraz komunikacji typu IRDA;
 - o **światło widzialne** – światło rejestrowane przez wzrok człowieka; różnym długościom fali odpowiada różna barwa światła: najkrótsze są fale światła fioletowego, a najdłuższe – czerwonego;

- **ultrafiolet** – ma większą częstotliwość niż światło widzialne; jego źródłem są lampy kwarcowe i Słońce; w dużych dawkach jest szkodliwy dla skóry, w małych dawkach stosuje się go w terapii schorzeń dermatologicznych; ponadto wykorzystywany jest on do sterylizacji sprzętu medycznego i pomieszczeń, przyspieszania reakcji chemicznych w przemyśle chemicznym, identyfikacji minerałów (spektroskopia UV);
- **promieniowanie rentgenowskie** (promienie X) – wytwarzane przez aparaty rentgenowskie, Słońce i inne obiekty astronomiczne; jest przenikliwe (ale zatrzymuje je warstwa ołowiu); promienie X stosowane są w diagnostyce i terapii medycznej oraz do badania struktury wewnętrznej materiałów i konstrukcji, np. elementów silników samolotowych, prześwietlania bagażu na lotniskach;
- **promieniowanie gamma** – promieniowanie o najmniejszej długości i największej częstotliwości; emitowane jest przez pierwiastki promieniotwórcze oraz podczas reakcji jądrowych; jest bardzo przenikliwe, silnie jonizujące i zabójcze dla organizmów żywych; stosuje się je w radioterapii nowotworów, w diagnostyce medycznej, do sterylizacji żywności i sprzętu medycznego.

11. Test

Ćwiczenie 1

Wskaż przykład zastosowania promieniowania podczerwonego.

☐ kuchenka mikrofalowa

☐ telefonia komórkowa

☐ sterylizacja narzędzi chirurgicznych

☐ diagnostyka złamań kości

☐ noktowizor

Ćwiczenie 2

Uporządkuj typy fal elektromagnetycznych według rosnącej częstotliwości.

☐ promieniowanie rentgenowskie, światło żółte, fale radiowe, podczerwień

☐ fale radiowe, światło żółte, podczerwień, promieniowanie rentgenowskie

☐ fale radiowe, podczerwień, światło żółte, promieniowanie rentgenowskie

☐ podczerwień, fale radiowe, światło żółte, promieniowanie rentgenowskie

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Które z wymienionych fal **nie są** falami elektromagnetycznymi?

☐ fale radiowe

☐ fale dźwiękowe

☐ fale ultrafioletowe

☐ fale podczerwone

☐ mikrofae

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Która z wymienionych substancji **nie nadaje** się na rdzeń elektromagnesu?

☐ stal

☐ żelazo

☐ kobalt

☐ stop chromoniklowy

☐ miedź

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Chcesz zbudować własny elektromagnes. Który z wymienionych przedmiotów będzie najlepszym rdzeniem, na którym nawiniesz zwojnicę?

☐ drewniana szpulka na nici

☐ drewniany ołówek

☐ stalowy gwóźdź

☐ mosiężna śruba

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 6

Przed przystąpieniem do rozwiązywania, przygotuj kartkę papieru, długopis oraz kalkulator. Oblicz długość fali stosowanej w telefonii komórkowej, która „pracuje” na częstotliwości 1800 MHz.

Prędkość fal elektromagnetycznych ma wartość $v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

☐ $\lambda = 0,167 \text{ m}$

☐ $\lambda = 16,7 \text{ m}$

☐ $\lambda = \frac{1}{6} \text{ m}$

☐ $\lambda = 6 \text{ cm}$

☐ $\lambda = 6 \text{ m}$

☐ $\lambda = 166\,666 \text{ m}$

☐ $\lambda = 16,7 \text{ cm}$

☐ $\lambda = 166,67 \text{ km}$

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

12. Zadania

Polecenie 1

Jak nazywają się te miejsca magnesu, które najsilniej przyciągają żelazne lub stalowe (szpilki, spinacze) przedmioty? Podaj ich nazwy oraz symbole.

Polecenie 2

Narysuj kształt linii pola magnetycznego wytwarzanego przez prąd płynący w zwojnicy.

Polecenie 3

Napisz, jak działa kompas i do czego on służy.

Polecenie 4

Jednym z zastosowań magnesów trwałych są separatory magnetyczne. W ofercie producenta czytamy: „Separatory magnetyczne na magnesach stałych (neodymowych lub ferrytowych) służą do oczyszczania różnych materiałów sypkich i lejnych z zanieczyszczeń ferromagnetycznych, takich jak opiłki, druty, śruby czy nakrętki. Z powodzeniem znajdują zastosowanie między innymi w recyklingu materiałów odpadowych.” Czy taki separator wystarczy do oczyszczenia makulatury, w której mogą znajdować się stalowe spinacze, mosiężne zszywki do papieru oraz plastikowe nakrętki? Jeśli nie, to które z tych zanieczyszczeń nie zostaną usunięte? Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 5

Czy silny magnes neodymowy można wykorzystać do wybierania okruchów złota z piasku złotonośnego potoku? Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 6

W pobliżu zwojnicy znajduje się kompas. Po włączeniu prądu wskazówka kompasu wskazuje jeden z końców zwojnicy. Magnes sztabkowy zbliżony do tegoż końca zwojnicy jest od niej odpychany. Jakim biegunem zbliżano magnes do zwojnicy?

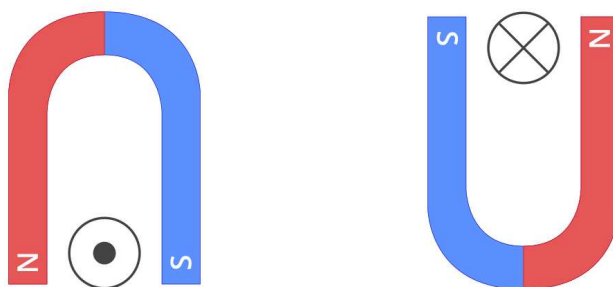
Polecenie 7

Jeśli zbliżymy kompas do dolnej krawędzi lodówki, to jego wskazówka będzie przyciągana przez lodówkę. Ta sama wskazówka będzie odpychana od górnej krawędzi lodówki (sprawdź ten efekt samodzielnie!).

1. Czy to oznacza, że obudowa lodówki jest magnesem?
2. Jeśli tak, to jaki biegun magnetyczny ma górna, a jaki dolna część tej obudowy?

Polecenie 8

Na rysunku poniżej przedstawiono dwie sytuacje, w których przewodnik umieszczono pomiędzy biegunami magnesu. Narysuj wektory siły elektrodynamicznej działającej na przewodniki. Uwaga: na lewym rysunku przewodnik jest umieszczony prostopadle do płaszczyzny kartki i prąd w nim płynie do czytelnika, a na prawym rysunku prąd płynie w głąb kartki.



Źródło: Krzysztof Jaworski, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 9

W jaki sposób możemy zmieniać kierunek obrotów wirnika w silniku elektrycznym na prąd stały?

Sprawdzian wiadomości

Ćwiczenie 1

Jak nazywa się i jakim symbolem oznaczany jest biegun magnetyczny igły kompasu, który wskazuje kierunek geograficzny północny?

☐ ujemny (-)

☐ północny (N)

☐ południowy (S)

☐ dodatni (+)

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 2

Dobierz przykłady zastosowania do odpowiednich rodzajów fal elektromagnetycznych.

mikrofale

kamera termowizyjna

mammografia

radar

pilot do telewizora

podczerwień

diagnostyka złamania kości

kuchenka mikrofalowa

noktowizor

promieniowanie X

telefonia komórkowa

prześwietlanie bagażu na lotnisku

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 3

Które z poniższych twierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe?

	Prawda	Fałsz
Do drewnianej tablicy nie można zastosować wieszaka magnetycznego.	☐	☐
Elektromagnes to magnes powstający w wyniku przepływu prądu elektrycznego.	☐	☐
Światło widzialne jest falą elektromagnetyczną a różne barwy światła odpowiadają różnym długościom fali.	☐	☐
Odpiłowanie jednego z końców magnesu pozbawia go jednego z biegunów magnetycznych.	☐	☐
Wszystkie metale są ferromagnetykami.	☐	☐
Wszystkie metale są przyciągane przez magnes.	☐	☐
Mikrofale to fale o najmniejszej długości.	☐	☐
Diamagnetyk są słabo przyciągane przez magnes.	☐	☐

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 4

Które z wymienionych urządzeń zamienia energię elektryczną na pracę mechaniczną?

☐ silnik spalinowy

☐ silnik elektryczny

☐ akumulator

☐ prądnica

☐ transformator

☐ dynamo

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Ćwiczenie 5

Uzupełnij lukę.

Przed przystąpieniem do rozwiązywania, przygotuj kartkę papieru, długopis oraz kalkulator.

Prędkość fal elektromagnetycznych wynosi $v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Długość fali emitowanej przez stację radiową pracującą na częstotliwości 100 MHz jest równa $\lambda =$ m.

Źródło: Helena Nazarenko-Fogt <Helena.Nazarenko-Fogt@up.wroc.pl>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Narysuj linie pola magnetycznego wokół Ziemi. Podpisz bieguny magnetyczne oraz geograficzne. Zaznacz zwrot linii pola magnetycznego.

Polecenie 2

Wymień po trzy różne zastosowania fal radiowych oraz promieniowania gamma.

Polecenie 3

Czy elektromagnes można wykorzystać w składzie złomu metali kolorowych (nieżelaznych)? Jeśli tak, to do jakich celów? Odpowiedź uzasadnij.

Materiały metodyczne dla nauczycieli

Zachęcamy Państwa do wykorzystania materiałów opracowanych przez redaktora metodycznego, tj. konspektów lekcji, kart pracy ucznia oraz kartkówek, sprawdzianów i testów kompetencji.

- **Konspekty lekcji** – każdemu z nich przypisano wykaz wymagań z podstawy programowej realizowanych na danej lekcji, cele lekcji oraz (opisany w formie tabelarycznej) przebieg lekcji. Każda z faz lekcji została opisana za pomocą umiejętności szczegółowych, niezbędnych do osiągnięcia celów lekcji. Konspekty zawierają także sekwencje czynności ucznia (i nauczyciela) umożliwiające spełnienie wymagań podstawy programowej, wykaz stosowanych metod nauczania, ze szczególnym uwzględnieniem metod aktywnej pracy uczniów, propozycje pomocy dydaktycznych oraz czas przewidywany na realizację poszczególnych zadań.
- **Karty pracy ucznia** – zaopatrzone w zadania do wypełnienia w trakcie lekcji. W intencji autora zbiór wypełnionych kart pracy może zastąpić zeszyt przedmiotowy.
- **Kartkówki** – propozycje ewaluacji danej jednostki lekcyjnej, zawierające dwa zadania sprawdzające otwarte i jedno zamknięte.
- **Sprawdziany** – propozycje ewaluacji danego działu, dostępne wraz z kluczem odpowiedzi i kryteriami nauczania.

Materiały metodyczne

Zestaw kart pracy ucznia do klasy 3 gimnazjum

Źródło: Ryszard Nych, licencja: CC BY 3.0.

Zestaw scenariuszy do klasy 3 gimnazjum

Źródło: Ryszard Nych, licencja: CC BY 3.0.