



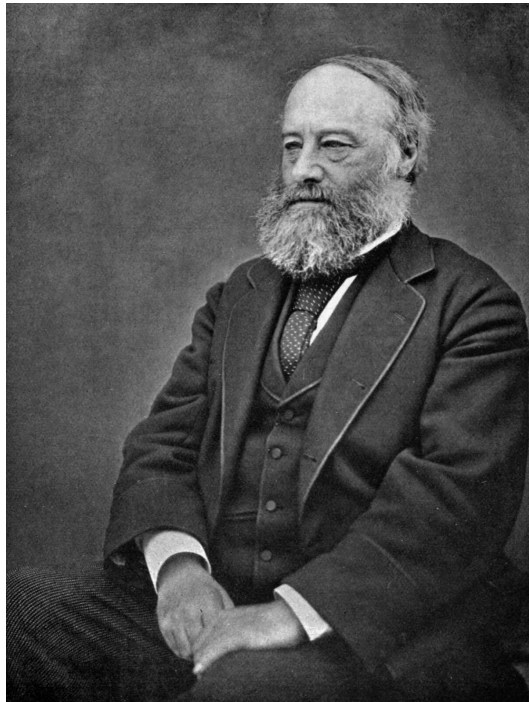
Prawo Joule`a-Lenza

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Czy to nie ciekawe?

Kiedy w XIX wieku James Joule i, niezależnie od niego, Heinrich Lenz zauważyli, że w wyniku przepływu prądu wydziela się ciepło, było to wielkim odkryciem fizycznym. Dzisiaj jest to dla nas zjawisko normalne, niewywołujące żadnego zdziwienia. Jeśli chcesz, możesz dołączyć do tych, którzy potrafią je wyjaśnić, opisać i zastosować. Szczegółów dowiesz się w tym e-materiale. Zapraszamy!



Rys. a. James Joule, jeden z badaczy starających się opisać zjawisko wydzielania się ciepła podczas przepływu prądu elektrycznego.

Twoje cele

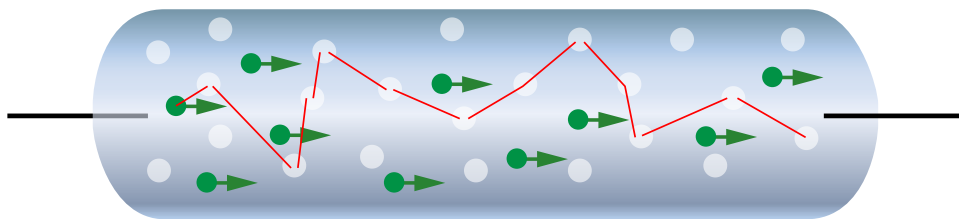
- poznasz prawo Joule'a-Lenza,
- będziesz umiał wyjaśnić zjawisko emisji ciepła przez przewodnik,
- dowiesz się, od czego zależy wartość emitowanego ciepła w obwodach elektrycznych,
- zastosujesz nowe wiadomości do rozwiązania zadań pojęciowych i rachunkowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

W pierwszej połowie XIX wieku dwaj badacze, Anglik James Joule i Rosjanin niemieckiego pochodzenia Heinrich Lenz, odkryli niezależnie od siebie zjawisko polegające na tym, że w czasie przepływu prądu przez element obwodu wydziela się ciepło. Dzisiaj wiemy jakie są jego przyczyny.

Przepływ prądu elektrycznego to przemieszczanie się ładunków (elektronów), ze stałą prędkością unoszenia, wzdłuż obwodu. Źródło napięcia dostarcza im koniecznej do tego elektrycznej energii potencjalnej. Więcej na ten temat możesz przeczytać w e-materiale „Jak definiuje się napięcie elektryczne?”. W przewodnikach posiadających opór elektryczny elektrony tracą swoją energię potencjalną (czyli wykonują pracę) wskutek zderzeń z jonami dodatnimi [sieci krystalicznej](#).



Rys. 1. Symboliczny obraz zderzeń jednego z elektronów z jonami dodatnimi sieci krystalicznej przewodnika podczas przepływu prądu elektrycznego.

Powoduje to zwiększenie energii drgań atomów wokół ich położenia równowagi. Zgodnie z prawami termodynamiki oznacza to wzrost temperatury przewodnika. O zjawiskach tych możesz także przeczytać w e-materiale „Jak definiujemy moc wydzieloną na oporniku?”. Jednak przewodnik, który ma wyższą temperaturę niż otoczenie, będzie dążył do równowagi termicznej, czyli wypromieniuje nadmiar energii wewnętrznej w formie ciepła. To właśnie ciepło zauważyli Joule i Lenz w swoich doświadczeniach.

Wzór Joule’a-Lenza

Obliczmy, ile ciepła wypromieniuje przewodnik o oporze R , przez który płynie prąd o natężeniu I . Niezbędne będą nam do tego wnioski zawarte w e-materiale „Jak definiuje się moc prądu elektrycznego?”. Stwierdzono tam, że moc prądu elektrycznego wydzielaną

na elemencie obwodu (czyli wartość pracy, jaką wykona ten prąd w jednostce czasu) wyrażona jest wzorem

$$P = UI$$

gdzie I to natężenie prądu przepływającego przez ten element, a U to napięcie elektryczne panujące na jego końcach. Moc w fizyce, z definicji, jest to szybkość wykonywania pracy, innymi słowy wartość pracy wykonanej w jednostce czasu. Tak, jak napisaliśmy wyżej, praca wykonana przez prąd elektryczny (czyli przez wszystkie poruszające się elektrony) jest zamieniana na ciepło emitowane z przewodnika. Wykorzystując prawo Ohma, możemy więc stwierdzić, że:

$$Q = Pt = IUt = I^2 Rt$$

gdzie zastosowaliśmy oznaczenia:

Q – ilość ciepła wyemitowanego przez przewodnik podczas przepływu prądu,

t – czas przepływu prądu,

R – opór elektryczny przewodnika.

Prawo Ohma mogliśmy także zastosować w odwrotny sposób, uzyskując wzór zawierający napięcie na końcach opornika, ale mechanizm wydzielania się ciepła jednoznacznie wskazuje na to, że jego ilość zależy od liczby przepływających i zderzających się z atomami ładunków elektrycznych. Dlatego we wzorze korzystamy z natężenia prądu.

Ostatecznie, zależność

$$Q = I^2 Rt$$

nosi nazwę prawa Joule'a-Lenza.

Zastosowania zjawiska Joule'a-Lenza

Ciepło jest potrzebne ludziom do życia w bardzo wielu sytuacjach. Gdy chcemy ogrzać pomieszczenie lub ugotować obiad, wówczas korzystamy z urządzeń elektrycznych, które wydzielają ciepło wskutek przepływu prądu. To najprostszy, najtańszy i najbezpieczniejszy sposób podgrzewania.

Czasami wydzielanie ciepła uważamy za niepożądany skutek uboczny przepływu prądu. Na przykład, w komputerach musimy stosować specjalne systemy chłodzenia procesora, a przesyłając energię elektryczną na odległość zmniejszamy straty stosując wysokie napięcie.

Jednym z ciekawych zastosowań zjawiska Joule'a-Lenza są badania **termowizyjne** przeprowadzane w elektrotechnice. W trakcie pracy urządzenia elektrycznego monitoruje

się temperaturę jego elementów za pomocą kamery termowizyjnej. Pozwala to wskazać elementy wadliwe, gdyż one nagrzewają się bardziej, niż działające prawidłowo lub wcale, jeśli wskutek awarii prąd nie płynie przez nie w ogóle.



Rys. 2. Jeden z elementów jest uszkodzony, gdyż nadmiernie się nagrzewa. Źródło: <https://blog.etservis.pl/badania-termowizyjne-elektrotechnika/>

Słowniczek

Sieć krystaliczna

(*ang.: crystal structure*) – jony dodatnie nie są w przewodnikach ułożone w przestrzeni w sposób losowy, tylko tworzą pewną uporządkowaną, symetryczną strukturę, którą nazywamy siecią krystaliczną. Poruszające się w polu oddziaływań tej struktury wolne elektrony (biorące udział w przepływie prądu) zderzają się z jonami, przekazując im część swojej energii i tym samym wpływając na drgania jonów wokół ich położenia równowagi (a przez to na temperaturę przewodnika).

Termowizja (termografia)

(*ang.: thermography*) – rejestracja oraz przewarżanie i wizualizacja promieniowania elektromagnetycznego w zakresie podczerwieni (o długości fali od 9 do 14 μm). Stosowana jest w badaniach naukowych, w medycynie, przy diagnostyce urządzeń mechanicznych, elektrycznych i izolacji cieplnych oraz przez wojsko i policję.

Film samouczek

Prawo Joule'a-Lenza

Film samouczek bazuje na obserwacji, że podczas przepływu prądu wydziela się ciepło. Rozważając przyczyny tego zjawiska oraz stosując dotychczasowe wiadomości dotyczące elektrostatyki i prądu elektrycznego, lektor wraz z widzami wyprowadzają wzór na wartość tego ciepła. W ten sposób dochodzimy do ostatecznej postaci prawa Joule'a-Lenza.

Trwa wczytywanie danych...

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wysłuchaj ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Zastanów się nad tym, czy materiał będący doskonałym przewodnikiem (nieposiadający oporu elektrycznego) wydzielałby również ciepło podczas przepływu prądu.

Polecenie 2

Założmy, że mamy dwa takie same oporniki, przez które płynie prąd o takim samym natężeniu. Jeden opornik znajduje się w powietrzu, natomiast drugi umieszczono w próżni. Co możemy powiedzieć na temat temperatury obu tych oporników?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Wzór Joule'a-Lenza znany jest pod postacią: $Q = I^2 R t$. Wyprowadź jego drugą postać, zawierającą napięcie U zamiast natężenia prądu I .

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Wzór Joule'a-Lenza występuje pod dwiema postaciami:

$$Q = I^2 R t$$

$$Q = \frac{U^2}{R} t$$

Jeżeli do tego samego źródła napięcia będziemy podłączać przewodniki o coraz mniejszym oporze, to z jednego wzoru wynika, że wartość ciepła wydzielonego na nich w określonym czasie będzie maleć a z drugiego, że rosnąć. Rozstrzygnij ten dylemat. Porównaj swoją odpowiedź z naszą propozycją.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Sobiepan
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Prawo Joule'a-Lenza
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>VIII. Prąd elektryczny. Uczeń:</p> <p>8) stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a-Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem).</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</p> <ul style="list-style-type: none">• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,• kompetencje cyfrowe,• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. objaśnia prawo Joule'a-Lenza, 2. stosuje dotychczasową wiedzę do wyjaśnienia zjawiska emisji ciepła przez przewodnik, 3. wyprowadza na dwa różne sposoby wzór opisujący prawo Joule'a-Lenza, 4. rozwiązuje zadania pojęciowe i rachunkowe dotyczące prawa Joule'a-Lenza.
Strategie nauczania:	Strategia Kształcenia Wyprzedzającego
Metody nauczania:	wykład informacyjny, gra dydaktyczna
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	film-samouczek, zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: Jaką zależność opisuje prawo Ohma?
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Zaciekawienie uczniów według części „Czy to nie ciekawe?”.</p> <p>Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji.</p>	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie dzielą się na 5 grup, a nauczyciel przeprowadza mini-teleturniej. Każda grupa losuje kartkę z zagadnieniem, przygotowuje pytanie i zadaje sąsiedniej grupie to pytanie tak, by odpowiedzią było wylosowane hasło. Grupy odpowiadają na czas, który liczy się zarówno grupie pytającej, jak i odpowiadającej. Wygrywa ta grupa, która będzie miała najkrótszy zapisany czas. Zwycięzcy otrzymują „plusy” z aktywności (lub inną wybraną przez nauczyciela nagrodę).

Zagadnienia:

- potencjał elektryczny (przykładowe pytanie: Czego różnicę mierzy się woltomierzem?)
- natężenie prądu (przykładowe pytanie: Jaka wielkość charakteryzuje ilość ładunku przepływającego w obwodzie?)
- prawo Ohma (przykładowe pytanie: Jakie prawo łączy natężenie prądu, napięcie i opór?)
- praca prądu elektrycznego
- energia potencjalna elektronu

Uczniowie indywidualnie oglądają film-samouczek.

Po obejrzeniu filmu, w trakcie krótkiego podsumowania, nauczyciel odpowiada na ewentualne pytania uczniów.

Nauczyciel prowadzi mini-wykład według części „Warto przeczytać”, zapraszając do współudziału uczniów.

Uczniowie rozwiązują w parach zadania o numerach parzystych z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i podpowiedzi.

Faza podsumowująca:

Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy (jakiej i kiedy). W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji poprzez rozwiązanie w domu zadań o numerach nieparzystych z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Film może być wykorzystany do podsumowania działu Prąd elektryczny, działu Elektrostatyka, przy powtórkach przed pracą klasową, jako wprowadzenie do wszystkich zagadnień związanych z pracą prądu elektrycznego.