



Prądy wirowe

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film (standardowy)
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Czy to nie ciekawe ?

Pewnie wiesz, że najnowsza technologia do obróbki termicznej potraw w kuchni to blaty indukcyjne (zobacz zdjęcie poniżej). Jak działa taka kuchnia indukcyjna?



Jak wskazuje nazwa, w działaniu tego urządzenia wykorzystuje się zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Ale prąd indukcyjny, zwany tu prądem wirowym powstaje nie w przewodniku tworzącym obwód zamknięty, tylko w całej objętości metalowego dna garnka. Jak to się dzieje? Jak powstają prądy wirowe wytwarzane w kuchence indukcyjnej i w innych przypadkach dowiesz się, studiując ten e-materiał.

Twoje cele

W tym e-materiale:

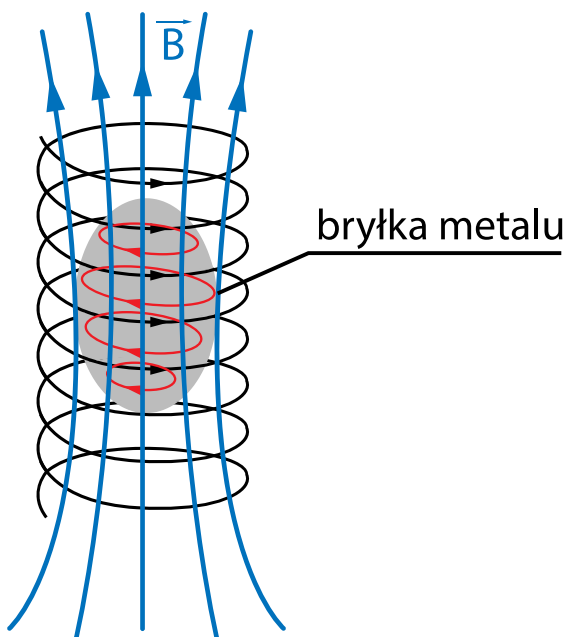
- dowiesz się, jak powstają prądy wirowe,
- zapoznasz się z niektórymi zastosowaniami prądów wirowych,
- zrozumiesz fenomen powolnego spadania magnesu w metalowej, nieferromagnetycznej rurce,
- wykorzystasz poznaną wiedzę do rozwiązywania zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Prąd indukcyjny wzbudzany jest w obwodzie zamkniętym nie tylko wtedy, gdy zachodzi ruch magnesu względem tego obwodu (tak jest w przypadku prądnicy). Wzbudzany jest także wtedy, gdy zmienia się wartość **indukcji magnetycznej** w obrębie tego obwodu. Wtedy zmienne pole magnetyczne wytwarza wirowe pole elektryczne, które wprawia elektrony swobodne w przewodniku tworzącym obwód w ruch okrężny. Ten drugi sposób wzbudzania prądu indukcyjnego dotyczy właśnie kuchni indukcyjnej oraz pieca indukcyjnego służącego do topienia metali.

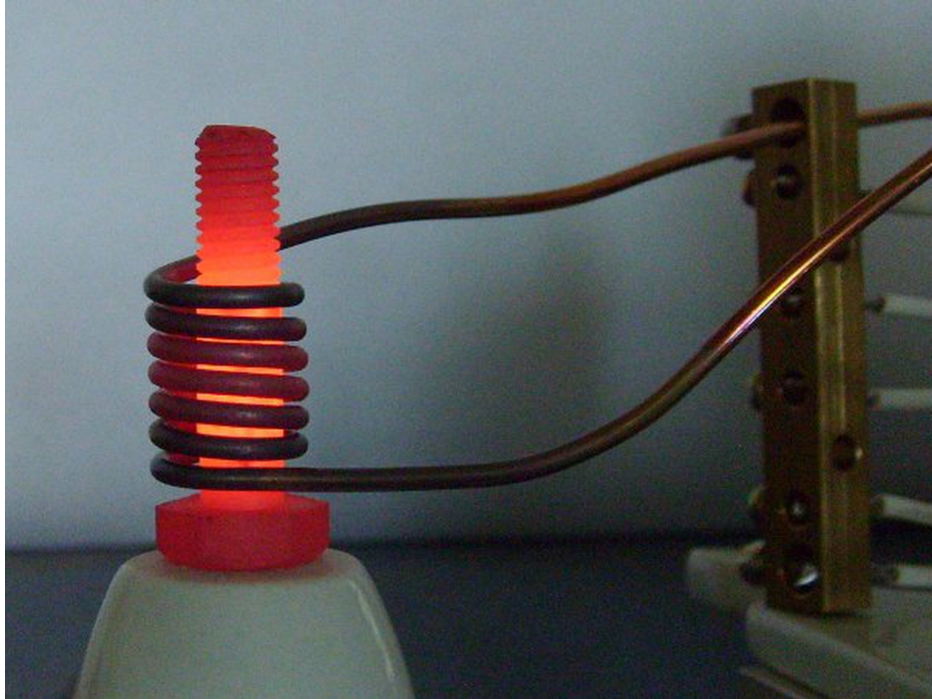
Jeśli bryłkę metalu włożymy w obszar zmieniającego się pola magnetycznego, to wewnątrz bryłki będą płynęły prądy indukcyjne tzw. prądy wirowe (Foucaulta) spowodowane właśnie wyindukowanym wirowym polem elektrycznym. Na Rys. 1. pokazano schematycznie taką sytuację.



Rys. 1.

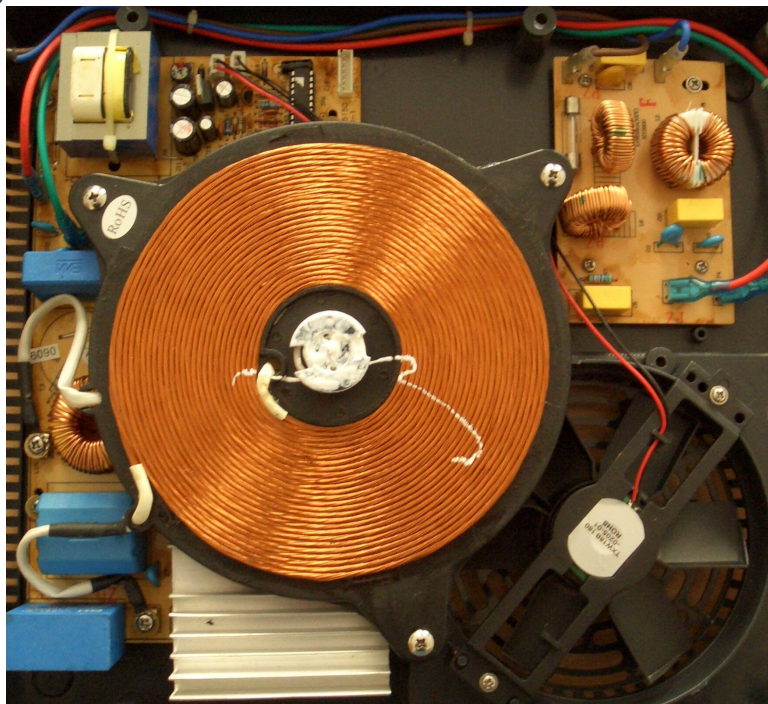
Gdy prąd w zwojnicy wytwarzającej pole magnetyczne rośnie, to prądy wirowe powstające wewnątrz metalu będą płynęły (zgodnie z **regułą Lenza**), tak jak zaznaczono to czerwonymi liniami na rysunku. Jeśli zastosujemy w zwojnicy prąd przemienny, to prądy wirowe również będą prądami przemiennymi. Każdy prąd płynący w przewodniku, a tutaj w całej objętości bryłki, powoduje ogrzanie przewodnika. Na ogół jest to szkodliwe (np. w rdzeniu **transformatora**), ale może też być pożyteczne – w kuchence indukcyjnej lub w piecu do topienia metali.

Zdjęcie poniżej (Rys. 2.) przedstawia realizację pomysłu ogrzewania metalu za pomocą zmiennego pola magnetycznego.



Rys. 2.

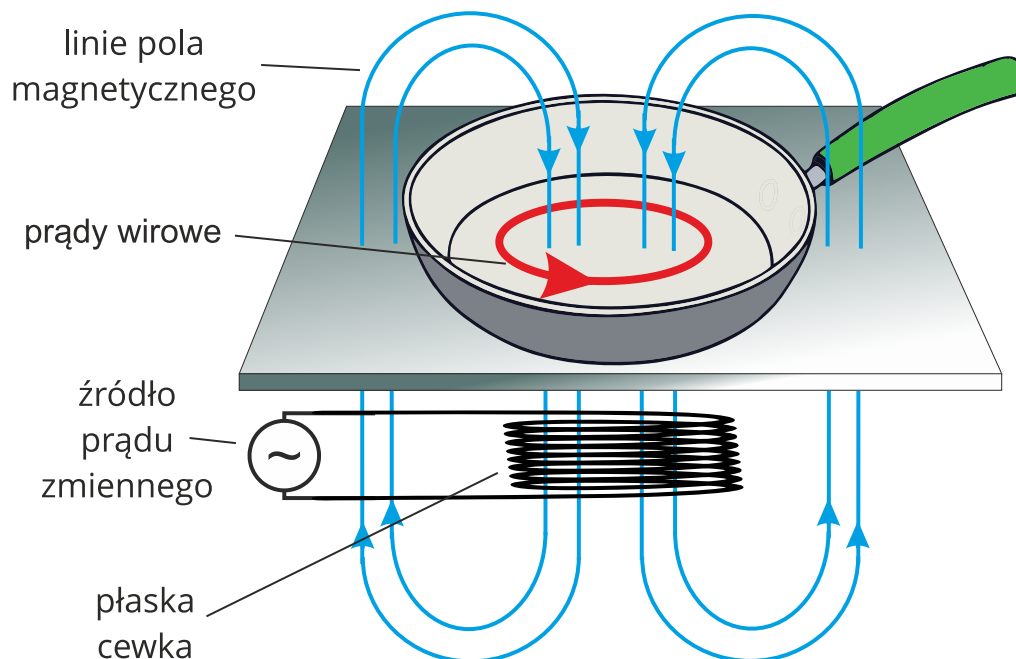
Wróćmy do kuchenki. W kuchenke pod płytą ceramiczną znajduje się uzwojenie spiralne (zobacz Rys. 3.) wytwarzające pole magnetyczne, które obejmuje swoim zasięgiem dno garnka stojącego na płycie. (Pole magnetyczne sięga najwyżej do odległości 4 cm ponad uzwojenie spiralne.)



Rys. 3.

Garnek stalowy albo żeliwny jest **ferromagnetykiem**, czyli dodatkowo silnie wzmacnia pole magnetyczne istniejące w swoim obrębie. Przy zastosowanej dużej częstotliwości prądu płynącego w uzwojeniu, wynoszącej 25 kHz równie szybkie zmiany pola magnetycznego

prowadzą do uzyskania prądów indukcyjnych o dużym natężeniu i wobec tego znacznego wydzielenia się ciepła w podstawie garnka. Ciepło to jest przecież wprost proporcjonalne do kwadratu natężenia prądu. Garnek jest skutecznie ogrzewany, a razem z nim znajdująca się wewnątrz potrawa (Rys. 4.).



Słowniczek

zjawisko indukcji elektromagnetycznej

(ang. *electromagnetic induction*) - wytwarzanie prądu indukcyjnego (SEM indukcji) w obwodzie zamkniętym, podczas zmiany **strumienia** pola magnetycznego przechodzącego przez ten obwód

strumień indukcji magnetycznej

(ang. *magnetic flux*) - strumieniem indukcji magnetycznej przez powierzchnię S nazywamy iloczyn skalarny wektorów \vec{B} i \vec{S} : $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \alpha$, gdzie α jest kątem między wektorami \vec{B} i \vec{S} .

reguła Lenza

(ang. *Lenz's law*) - reguła ułatwiająca szybkie wyznaczenie kierunku prądu indukcyjnego.

Formuluje się ją najczęściej w następujący sposób:

Kierunek prądu indukcyjnego jest taki, że przeciwdziała przyczynie, która go wywołała.

Przeciwdziałanie przyczynie polega tu na tym, że gdy strumień rośnie, to pole magnetyczne wytworzone przez prąd indukcyjny jest tak skierowane, żeby zmniejszyć ten strumień. I odwrotnie: gdy strumień maleje, to wyindukowane pole magnetyczne jest tak skierowane, żeby strumień wzmocnić.

transformator

(ang. *transformer*) - urządzenie elektryczne podwyższające lub obniżające napięcie przemienne.

ferromagnetyk

(ang. *ferromagnet*) - substancja, która jest silnie przyciągana przez magnes i może wykazywać trwałe namagnesowanie. Przykładowymi ferromagnetykami są żelazo, kobalt, nikiel, niektóre stopy żelaza, np. stal alnico, a także niektóre tlenki jak np. hematyt, Fe_3O_4 .

Film (standardowy)

Prądy wirowe

Film przedstawia zestaw ciekawych doświadczeń dotyczących spadania magnesu i mosiężnego walca (podobnego rozmiarem do magnesu) wewnątrz rurek o tej samej geometrii, wykonanych z różnych materiałów.

Oglądając film zwróć uwagę na czas spadania mosiężnego walca lub magnesu w rurkach wykonanych z różnych materiałów.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RrQlIaqyJPKvG>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Czy słyszałeś kiedyś o skaczących pierścieniach Thomsona (ang.: *Thomson rings*)? Jeżeli nie, to wyszukaj informacje na temat tego zjawiska w Internecie. Czy potrafisz znaleźć analogię między skaczącymi pierścieniami a eksperymentem pokazanym na filmie?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



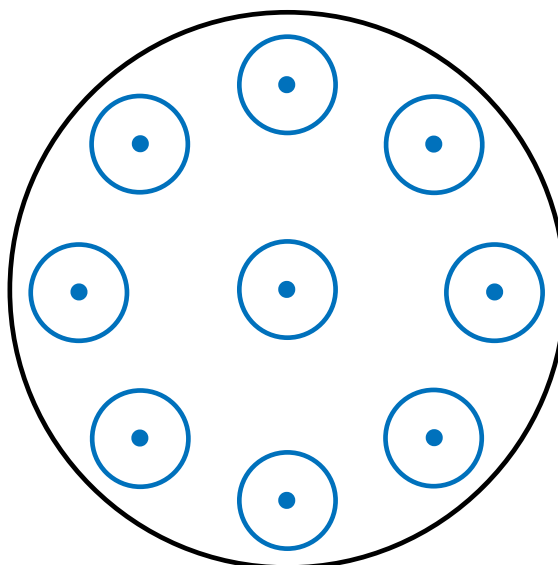
Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



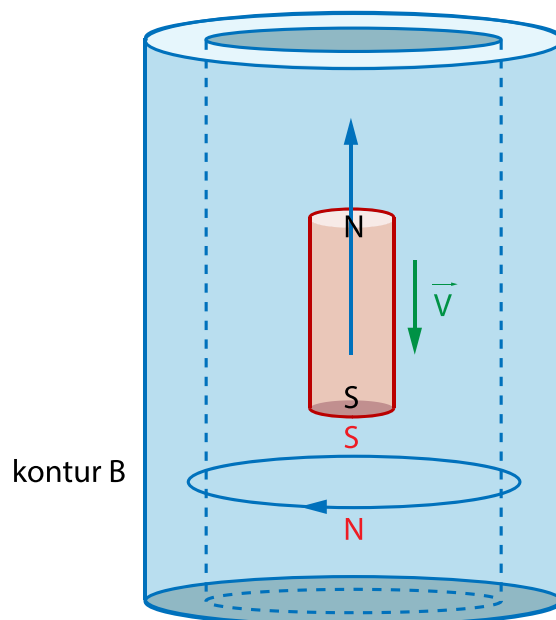
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Wytłumacz, dlaczego obrócenie o 180° magnesu upuszczanego do miedzianej rurki nie zmieni wyniku eksperymentu.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 7



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 8



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Prądy wirowe
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i 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 podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>VIII. Magnetyzm. Uczeń: 3) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy lub zmianą natężenia prądu w elektromagnesie; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>IX. Magnetyzm. Uczeń: 9) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnicy.</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 matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. określa, co to są prądy wirowe, 2. wskazuje zastosowanie prądów wirowych, 3. wyjaśnia fenomen powolnego spadania magnesu w metalowej, nieferromagnetycznej rurce.
Strategie nauczania:	blended-learning
Metody nauczania:	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	Niniejszy e-materiał + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel zaciekawia uczniów zadając pytanie: jak działa kuchenka indukcyjna? Problem jest bliski uczniom, bo wielu z nich ma takie urządzenie w domu.</p>	
Faza realizacyjna:	

Wspólnie z uczniami nauczyciel omawia działanie takiej kuchenki, a przy okazji działanie pieca indukcyjnego służącego do topienia metali. Nauczyciel podkreśla, że na ogół ogrzewanie rdzeni elektromagnesów i transformatorów przez prądy wirowe jest szkodliwe, bo wiąże się z utratą energii. Niemniej we wspomnianych urządzeniach ten efekt jest właśnie wykorzystywany. Następnie omawiany jest inny efekt związany z prądami wirowymi: oddziaływanie prądu na źródło pola magnetycznego. Teraz następuje faza zastosowania multimediu, czyli filmu dotyczącego spadania magnesu w metalowej nieferromagnetycznej rurce. Film oglądany jest wspólnie. Nauczyciel może zatrzymać wyświetlanie filmu pod koniec przed wyjaśnieniem efektu przez lektora i zaproponować to uczniom sugerując rozważenie dwóch obwodów wewnątrz rurki, podobnie jak to ma miejsce w filmowym wyjaśnieniu.

Faza podsumowująca:

W fazie podsumowującej uczniowie pod kierunkiem nauczyciela powinni rozwiązać zadania: 4, 7 i 8 z zestawu ćwiczeń. Są najistotniejsze.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i umiejętności zdobyte w czasie lekcji przez przeczytanie w domu części „**Warto przeczytać**” i rozwiązanie zadań nr: 1, 3 i 6 z zestawu ćwiczeń.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimediu:

Użyty w tym e-materiale film edukacyjny z doświadczeniami powinien być chętnie wykorzystywany w nauczaniu o elektromagnetyzmie zwłaszcza tam, gdzie nie można przeprowadzić doświadczeń podczas lekcji. Może też być użyty do powtórzenia materiału.