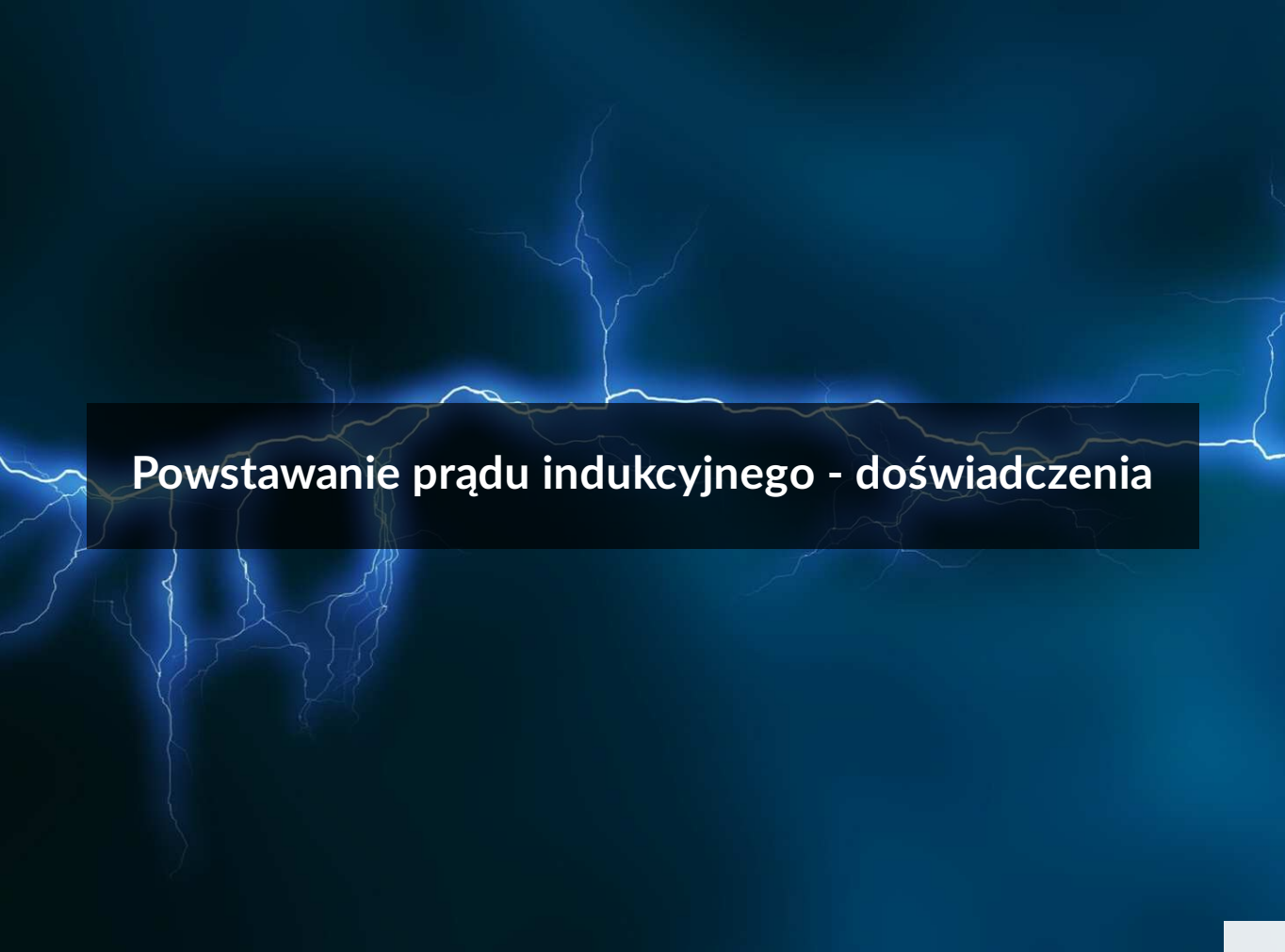




Powstawanie prądu indukcyjnego - doświadczenia

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Powstawanie prądu indukcyjnego - doświadczenia

Czy to nie ciekawe?

W tym e-materiale masz okazję zobaczyć indukcję elektromagnetyczną „w akcji”. Fizyka jest podstawową nauką przyrodniczą i jako nauka doświadczalna musi odnosić się do rzeczywistości. Nie ma fizyki bez pracy doświadczalnej, należy wobec tego do niej przystąpić.

Najbardziej wskazane byłoby samodzielne wykonanie eksperymentów w szkole - przy użyciu rzeczywistych przyrządów. Gdyby jednak nie było takiej możliwości, zapoznaj się z eksperymentami oglądając filmy zawarte w tym e-materiale.

W e-materiałach „Zjawisko indukcji elektromagnetycznej” i „Prąd indukcyjny” omówione były typowe sytuacje dotyczące wytwarzania prądu indukcyjnego i takich sytuacji dotyczą także nasze filmy edukacyjne. Obejrzymy, jak wytwarzanie prądu indukcyjnego będzie wyglądało w praktyce!

Twoje cele

W tym e-materiale:

- Dowiesz się, jak zdefiniowany jest strumień magnetyczny,

- Dowiesz się, że prąd indukcyjny popłynie tylko wtedy, gdy będzie zmieniał się strumień pola magnetycznego przechodzący przez powierzchnie rozpiętą na obwodzie,
- Dowiesz się, w jaki sposób eksperymentalnie badać zjawisko indukcji elektromagnetycznej,
- Zrozumiesz, od czego zależy wartość natężenia prądu indukcyjnego oraz kierunek jego przepływu,
- Zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Przepływowi prądu indukcyjnego towarzyszy **zmiana strumienia pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie**. Spróbuj - oglądając eksperymenty - spostrzec, na czym polega zmiana strumienia.

Przypomnijmy krótko, czym jest strumień pola magnetycznego. Dla płaskiej powierzchni niech $\vec{S}$ będzie wektorem normalnym o długości równej jej polu S . Strumieniem indukcji magnetycznej $\vec{B}$ przez powierzchnię nazywamy iloczyn skalarny wektorów $\vec{B}$ i $\vec{S}$:

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \alpha,$$

gdzie $\alpha = \angle(\vec{B}, \vec{S})$.

Strumień będzie się zmieniał w czasie, jeśli będą zmieniać się odpowiednie wielkości obecne w powyższym wzorze. Zmianie strumienia magnetycznego będzie towarzyszył przepływ prądu indukcyjnego.

Gdybyśmy chcieli przeprowadzić doświadczenia badające [zjawisko indukcji elektromagnetycznej](#), musielibyśmy zadbać o spełnienie poniższych warunków:

Po pierwsze: musimy dysponować czułym amperomierzem (galwanometrem) z zerem pośrodku skali jako wskaźnikiem prądu indukcyjnego.

Po drugie: aby prąd indukcyjny był mierzalny, tj. aby natężenie prądu miało odpowiednio dużą wartość, strumień magnetyczny powinien być duży. Praktycznie realizuje się to przez zastosowanie zwojnicy. Chodzi o to, aby zwiększyć wartość pola powierzchni rozpiętej na obwodzie. Dla pojedynczej pętli, przez którą będzie przechodziło [pole magnetyczne](#) wartość powierzchni S będzie polem przekroju pętli. Dla zwojnicy o n zwojach S będzie n razy większe i tyle razy będzie większy strumień w porównaniu do strumienia przez pojedynczy zwój.

Po trzecie powinniśmy dysponować źródłem odpowiednio silnego [pola magnetycznego](#). Może to być magnes stały (np. neodymowy) lub elektromagnes.

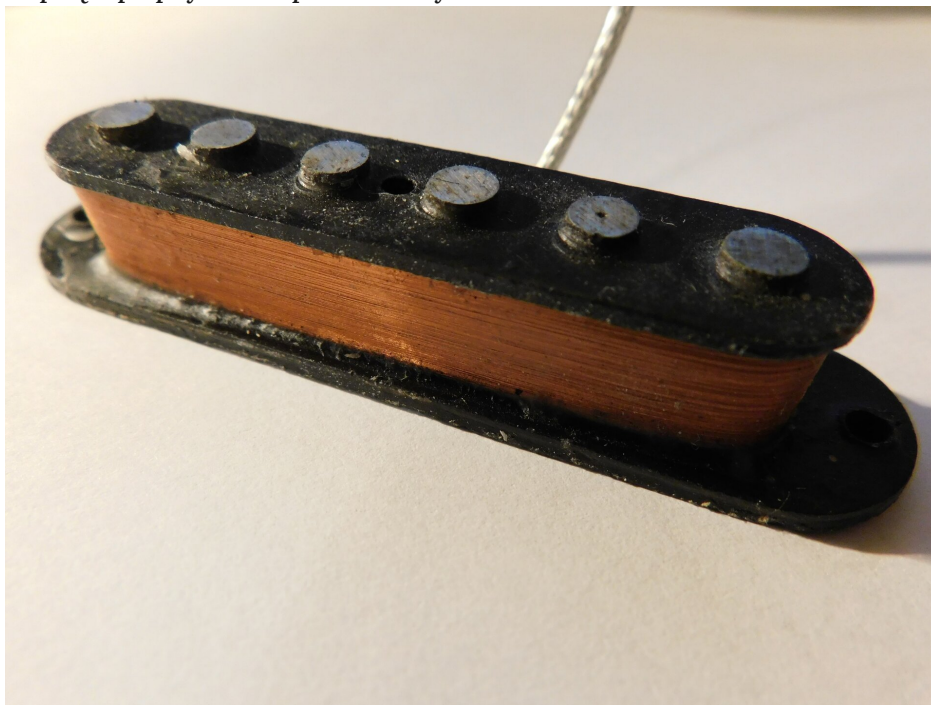
Możemy przystąpić do działania. Najpierw musimy włączyć galwanometr do obwodu ze zwojnicą, w którym chcemy wzbudzić [prąd](#). Następnie powinniśmy stworzyć taką sytuację doświadczalną, w której strumień pola magnetycznego przechodzący przez zwojnicę zmienia się. Najprościej będzie wsuwać i wysuwać magnes do/ze zwojnicy. To samo

oczywiście można zrobić zastępując magnes elektromagnesem. Zauważymy, że podczas tej czynności wskazówka galwanometru będzie wychylała się raz w jedną, raz w drugą stronę.

Zamiast poruszać magnesem czy elektromagnesem, możemy z równym skutkiem poruszać zwojnicą. Za każdym razem, tak samo jak przedtem, będzie zmieniać się strumień pola magnetycznego w zwojnicy.

Zaobserwujemy, że natężenie prądu indukcyjnego jest tym większe, im szybciej porusza się obwód względem źródła **pola magnetycznego**, tj. im szybciej zmienia się strumień magnetyczny. Z kolei kierunek prądu indukcyjnego będzie zależał od tego, czy pole magnetyczne wewnątrz zwojnicy rośnie, czy maleje oraz od kierunku wektora indukcji magnetycznej – tj. orientacji biegunów źródła pola względem zwojnicy.

W końcu możemy wywołać prąd indukcyjny w całkiem inny sposób, nie posługując się względnym ruchem źródła pola magnetycznego i obwodu, w którym chcemy wzbudzić prąd. Wystarczy, że umieścimy elektromagnes wewnątrz zwojnicy i włączymy zasilanie elektromagnesu. Wtedy wewnątrz elektromagnesu pojawi się **pole magnetyczne**, które spowoduje zmianę strumienia magnetycznego przez zwojnicę. W momencie włączania elektromagnesu popłynie w zwojnicy **prąd** i w miarę szybko zaniknie. Przy wyłączaniu elektromagnesu prąd popłynie w przeciwnym kierunku.



Fot. 1. Prąd indukcyjny (bardzo słaby - napięcie na końcach obwodu to kilkanaście-kilkadziesiąt mV) powstaje również w przetwornikach gitarowych. Każdy z widocznych sześciu "bolców" jest magnesem, wokół wszystkich nawinięte jest co najmniej kilkanaście tysięcy zwojów cienkiego miedzianego drutu. Uzwojenie jest woskowane dla uniknięcia "mikrofonowania", tj. szumów wynikających z drobnych ruchów fragmentów uzwojenia względem innych. Blisko biegunów drgają struny ze stalowym rdzeniem, zaburzając w ten sposób pole magnetyczne - skutkuje to pojawieniem się w uzwojeniu napięcia elektrycznego; sygnał kierowany jest następnie do wzmacniacza i głośnika. Na fotografii widoczny jest przetwornik pojedynczy, tzw. *single*.
Źródło: Włodzimierz Natorf, licencja: CC BY 4.0.

Słowniczek

Pole magnetyczne

(ang.: *magnetic field*) - stan przestrzeni charakteryzujący się działaniem siły, zwanej siłą magnetyczną, na poruszający się ładunek umieszczony w tej przestrzeni bądź na obiekt obdarzony momentem magnetycznym; wielkością charakteryzującą pole magnetyczne jest wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$.

Zjawisko indukcji elektromagnetycznej

(ang.: *electromagnetic induction*) - zjawisko powstawania siły elektromotorycznej w przewodniku na skutek zmian strumienia pola magnetycznego w czasie. Zmiana ta może być spowodowana zmianami pola magnetycznego lub względnym ruchem przewodnika i źródła pola magnetycznego. W obwodzie zamkniętym siła elektromotoryczna spowoduje przepływ prądu.

Prąd elektryczny

(ang.: *electric current*) - uporządkowany ruch elektronów swobodnych spowodowany działaniem pola elektrycznego bądź magnetycznego; przyjęto, że kierunek prądu elektrycznego jest kierunkiem hipotetycznych ładunków dodatnich – jest przeciwny do kierunku ruchu elektronów.

Cewki Helmholtza

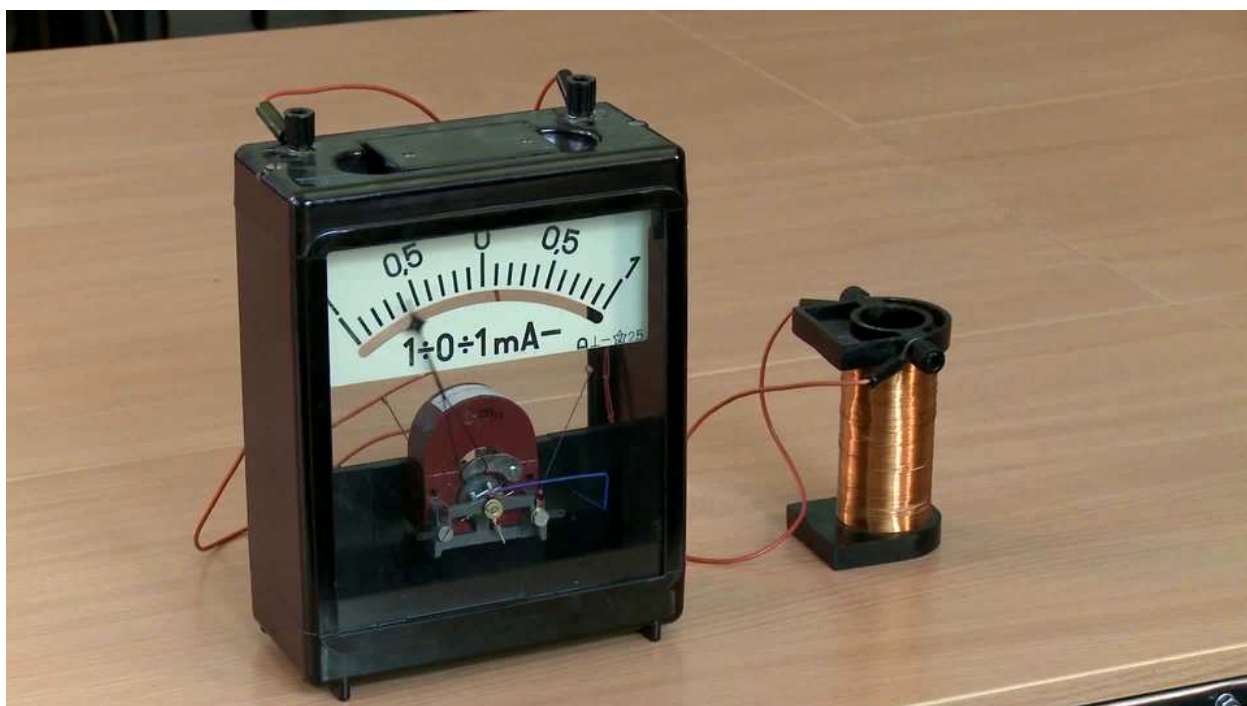
(ang.: *Helmholtz' coils*) - układ dwóch płaskich zwojnic ustawionych równolegle w pewnej odległości od siebie. Pomiędzy zwojnicami, w których płynie ten sam prąd, powstaje prawie jednorodne pole magnetyczne.

Film (standardowy)

Powstawanie prądu indukcyjnego

Obejrzyj film zwracając uwagę na szczegóły. Zauważysz wtedy charakterystyczne cechy zjawiska indukcji elektromagnetycznej i dowiesz się o nim więcej. W szczególności zwróć uwagę na:

- sposób wzbudzenia prądu, tj. na czym polega zmiana strumienia indukcji,
- wartość natężenia wzbudzonego prądu - z czym jest związana,
- oraz na to, kiedy płynie prąd indukcyjny i jaki jest jego kierunek.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1OaPr2gTtq6w>

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

W przedstawionych pięciu eksperymentach wywoływany był prąd indukcyjny. W każdej sytuacji strumień pola magnetycznego ulegał zmianie. W tabelce poniżej podane zostały przyczyny zmian strumienia. Zastanów się nad przyczyną zmiany strumienia i wskaż odpowiedni/e eksperyment/y.

Strumień ulega zmianie na skutek:	I	II	III	IV	V
zmiany wartości indukcji magnetycznej B	☐	☐	☐	☐	☐
zmiany wartości pola powierzchni rozpiętej na obwodzie	☐	☐	☐	☐	☐
zmiany kąta pomiędzy wektorem powierzchni a wektorem indukcji	☐	☐	☐	☐	☐

Polecenie 2

W każdym z eksperymentów zmiana strumienia realizowana była na jeden ze sposobów opisanych w tabelce. Wybierz sposób zmiany strumienia charakterystyczny dla każdego eksperymentu.

Zmiana strumienia związana jest:	I	II	III	IV	V
z ruchem cewki indukcyjnej względem źródła pola magnetycznego	☐	☐	☐	☐	☐
ze zmianą wartości indukcji magnetycznej pola przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na cewce	☐	☐	☐	☐	☐

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdania.

a) Prąd indukcyjny płynie w obwodzie tak długo, jak długo jest stały /
 zmieniamy strumień pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na obwodzie.

b) Kierunek prądu indukcyjnego zależy od tego, czy strumień rośnie czy maleje oraz od
 wartości / kierunku wektora indukcji pola magnetycznego.

Ćwiczenie 2



W okienku poniżej wpisz wynik obliczenia wartości strumienia pola magnetycznego przechodzącego przez cewkę o 100 zwojach i średnicy 10 cm. Cewka umieszczona jest w jednorodnym polu magnetycznym o wartości indukcji $B = 4 \text{ mT}$, tak że linie pola są równoległe do osi cewki.

Odpowiedź: mWb

Ćwiczenie 3



Z podanych niżej elementów skonstruuj dwa poprawne zdania.

Zdanie 1.: Prąd indukcyjny ma duże natężenie, gdy zmiana strumienia pola magnetycznego jest i czas zmiany strumienia jest .

Zdanie 2.: Prąd indukcyjny ma małe natężenie, wtedy gdy zmiana strumienia pola magnetycznego jest i czas zmiany strumienia jest .

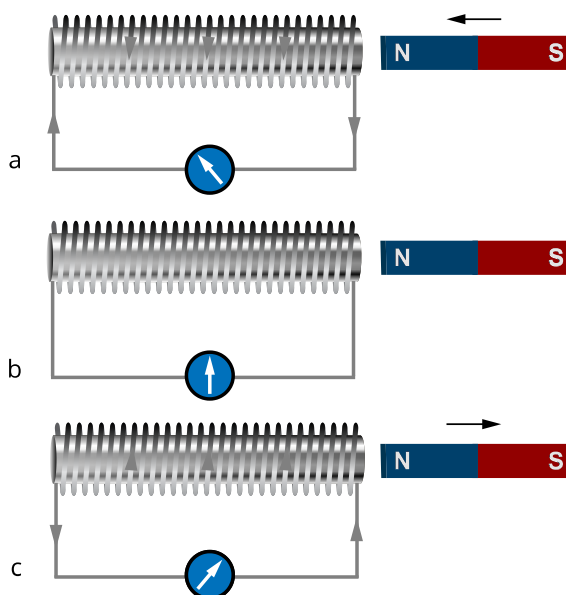
mały

mała

duży

duża

Ćwiczenie 4



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

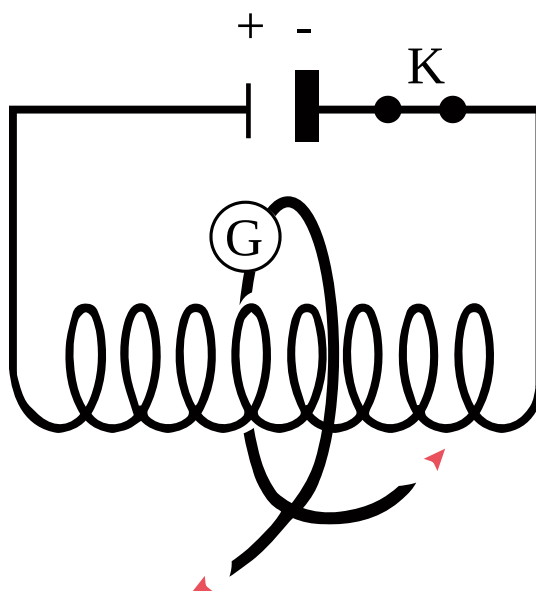
Uzupełnij zdanie:

Prąd indukcyjny w cewce płynie w tym samym kierunku podczas wsuwania magnesu do cewki biegunem N, co podczas / magnesu biegunem S.

Ćwiczenie 5



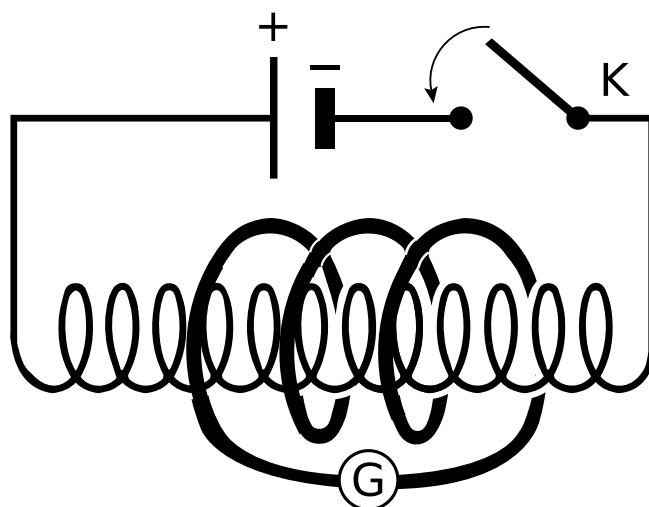
Na rysunku widoczna jest długa zwojnica o bardzo wielu ciasno nawiniętych zwojach. Taka zwojnica wytwarza wewnątrz zwojów praktycznie jednorodne pole magnetyczne, podczas gdy na zewnątrz pola magnetycznego nie ma. To przybliżenie jest tym lepsze, im mniejszy jest przekrój zwojnicy w stosunku do jej długości. Wyobraź sobie taką idealną zwojnicę podłączoną do zasilacza. Wokół zwojnicy, jak widać na rysunku, została założona pojedyncza pętla z drutu, której przekrój jest dużo większy od przekroju zwojnicy. Pętla połączona jest z czułym galwanometrem. Zaciskamy teraz pętlę (zobacz rysunek), zmniejszając jej przekrój poprzeczny. Pętla cały czas tworzy obwód zamknięty.



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

Wskaż właściwą odpowiedź:

Podczas tego działania w pętli ☐ popłynie / ☐ nie popłynie prąd indukcyjny.



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

Mamy taką samą zwojnicę z pętlą jak poprzednio. Podczas zamykania klucza w pętli popłynie prąd. Zawijamy teraz drut wokół zwojnicy trzykrotnie, tak że przekrój pętli jest mniejszy (zobacz rysunek). Wybierz właściwą odpowiedź:

Podczas zamykania klucza w drucie popłynie prąd: taki sam jak poprzednio ☐ / wiekszy ☐ / mniejszy ☐.

Ćwiczenie 7



Mówiąc o prądzie indukcyjnym często odwołujemy się do pojęcia strumienia indukcji magnetycznej przez płaską powierzchnię rozpiętą na obwodzie. Obwód ten z założenia musi leżeć w jakiejś płaszczyźnie - inaczej nie dałoby się rozpiąć na nim płaskiej powierzchni. Czy wybór takich powierzchni (przy zadanych warunkach eksperymentalnych) ma jakikolwiek wpływ na indukowany w obwodzie prąd?



Nie. Przecież powierzchnia została przez nas pomyślana i nie bierze udziału w doświadczeniu - jedynie jej brzeg, tj. obwód. Co więcej - prowadzi to do wniosku, że strumień pola magnetycznego przez różne powierzchnie o wspólnym brzegu są równe.



Tak. Największy prąd uzyskuje się dla powierzchni płaskiej.

Ćwiczenie 8



Pójdźmy krok dalej niż w ćw. 7 - zacznijmy deformować obwód, odchodząc od omawianego przypadku, dopuszczającego rozpięcie powierzchni płaskiej. Czy wniosek o dowolności powierzchni, przez którą liczymy strumień indukcji pozostaje w mocy? Czy taka deformacja ma wpływ na indukowany prąd?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Powstawanie prądu indukcyjnego - doświadczenia
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; VIII. Magnetyzm. Uczeń: 3) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jej związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy lub zmianą natężenia prądu w elektromagnesie; Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; IX. Magnetyzm. Uczeń: 9) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądu.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r: • 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:	Uczeń: 1. opíše związek przepływu prądu indukcyjnego ze zmianą strumienia pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na obwodzie, 2. opíše sposób eksperymentalnego badania zjawiska indukcji elektromagnetycznej, 3. poda czynniki, od których zależy wartość natężenia prądu indukcyjnego, 4. poda czynniki determinujące kierunek przepływu tego prądu.
Strategie nauczania:	nauczanie przez dociekanie IBSE, nauczanie wyprzedzające
Metody nauczania:	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	E-materiał + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał „Prąd indukcyjny”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie - według treści zawartej we wprowadzeniu i w tekście e-materiału.	
Faza realizacyjna:	

Uczeń konstruuje wiedzę analizując wyniki eksperymentów przedstawionych na filmach. Wskazane byłoby, by analogiczne eksperymenty można było przeprowadzić w klasie. Wtedy uczniowie wspólnie mogliby wyciągnąć wnioski z obserwacji przebiegu doświadczeń. Jeśli nie byłoby takiej możliwości, to uczeń powinien zapoznać się ze sfilmowanymi eksperymentami w domu, tak żeby mógł wielokrotnie przyjrzeć się sfilmowanej sytuacji doświadczalnej i samodzielnie wyciągnąć wnioski. Wtedy nauczyciel rozpoczyna lekcję od podsumowania pracy z filmem. Zbiera odpowiedzi - obserwacje uczniów i dodaje ewentualne wyjaśnienia. Nauczyciel wraz z uczniami wspólnie wypracowuje wniosek dotyczący wartości natężenia prądu indukcyjnego: rośnie wraz z szybkością zmian strumienia pola magnetycznego.

Faza podsumowująca:

Aby sprawdzić zdobytą wiedzę uczniów, nauczyciel analizuje wraz z uczniami wszystkie zaproponowane zadania.

Praca domowa:

Pozostałe zadania, które „nie zmieszczą się” na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Film może służyć jako praca domowa. Umożliwia on, wespół z poleceniami aktywizującymi, utrwalenie podstawowych umiejętności nabytych podczas lekcji.