



Zastosowania reguły Lenza

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

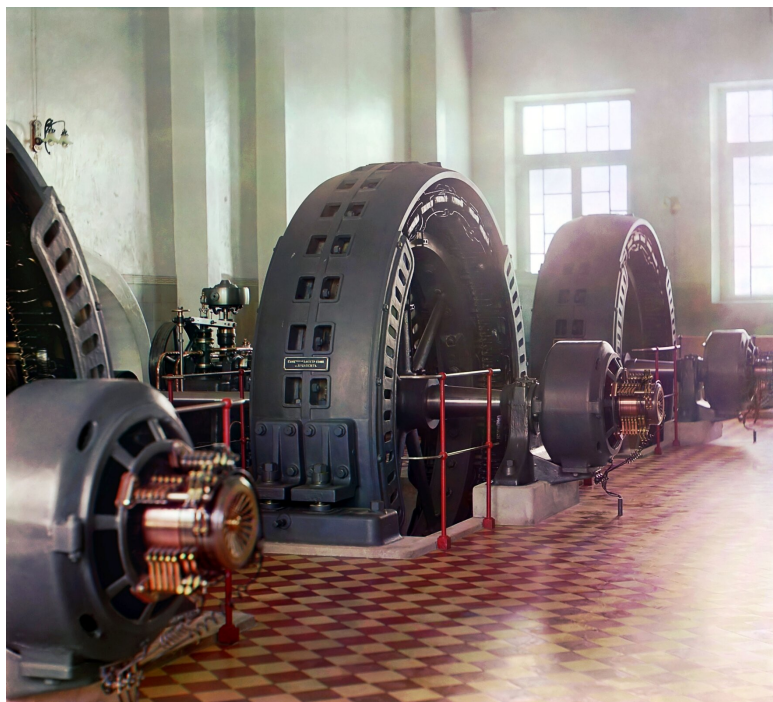


Zastosowania reguły Lenza

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

Czy to nie ciekawe?

W tym e-materiale będziemy zajmować się praktycznym zastosowaniem reguły Lenza. Pozwala ona na szybkie wyznaczenie kierunku prądu indukcyjnego. W istocie reguła Lenza jest ściśle związana z zasadą zachowania energii, ale tutaj nie będziemy się tym zajmować (zobacz e-materiał „Reguła Lenza a zasada zachowania energii”), a jedynie będziemy ćwiczyć jej zastosowania. Wykorzystamy w tym celu animację; miejmy nadzieję, w pomocny sposób.



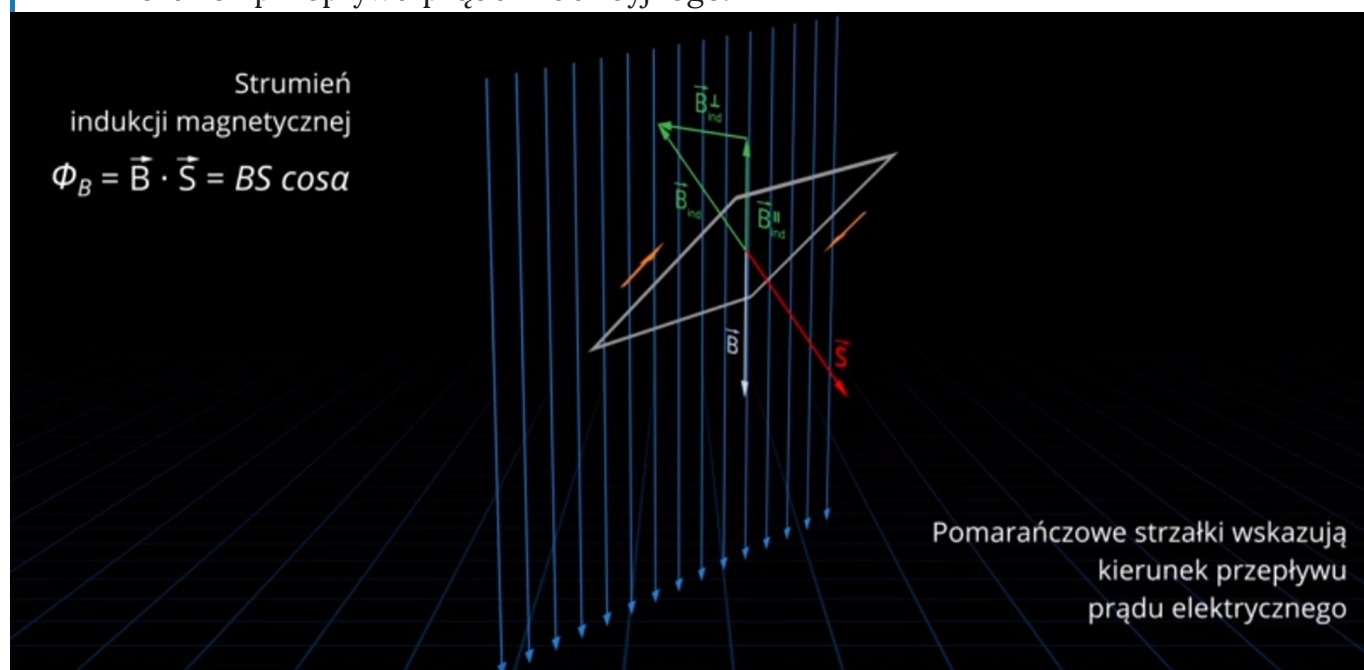
Rys. a. Generator elektryczny z początku XX w. Jego działanie jest zgodne z regułą Lenza.

Źródło: Sergei Prokudin-Gorskii, dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gorskii_04414u.jpg [dostęp 16.05.2022], domena publiczna.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- poznasz regułę Lenza,
- nauczysz się ją stosować w praktyce,
- przeanalizujesz sytuację pokazaną na rysunku b; uzasadnisz przedstawiony na nim kierunek przepływu prądu indukcyjnego.



Rys. b. W ramce obracającej się w polu magnetycznym wzbudzany jest prąd indukcyjny o kierunku określonym regułą Lenza.

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

Przeczytaj

Warto przeczytać

Regułę Lenza formułuje się najczęściej w następujący sposób:

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

Rozszyfrujmy to zdanie. Zaczniemy od przyczyny. Przyczyną płynięcia prądu indukcyjnego jest zmienny **strumień indukcji magnetycznej** $\vec{B}$ przez powierzchnię rozpiętą na obwodzie, w którym ma popłynąć prąd. Przeciwdziałanie przyczynie polega tu na tym, że gdy strumień rośnie, to pole magnetyczne $\vec{B}_{ind}$ 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. Podsumowując, jeśli pole $\vec{B}$ jest prostopadłe do płaskiej powierzchni rozpiętej na zamkniętym przewodniku, to

Gdy Φ_B maleje, to $\vec{B}_{ind}$ jest równoległy do $\vec{B}$.

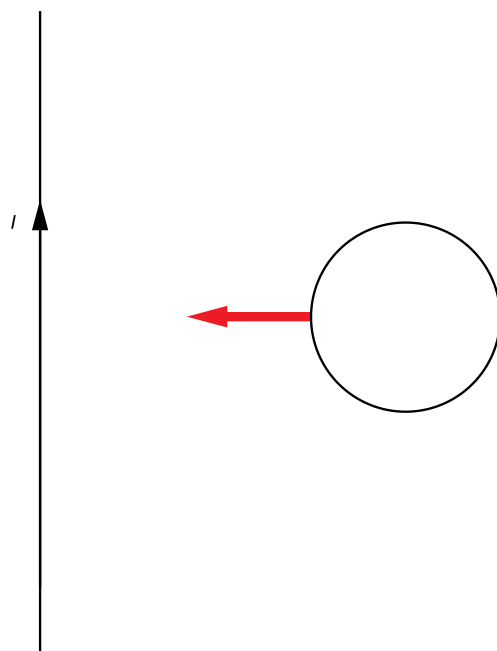
Gdy Φ_B rośnie, to $\vec{B}_{ind}$ jest antyrównoległy do $\vec{B}$.

W ogólniejszym przypadku należy podać warunek na kąty między tymi wektorami, co stanie się jasne po tym, jak obejrzysz animację.

Gdy już stwierdzimy, jak skierowany jest (w obrębie obwodu) wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}_{ind}$, powinniśmy skojarzyć z tym wektorem prąd indukcyjny i ustalić jego kierunek.

Pokażemy teraz regułę Lenza w działaniu; oto konkretny przykład.

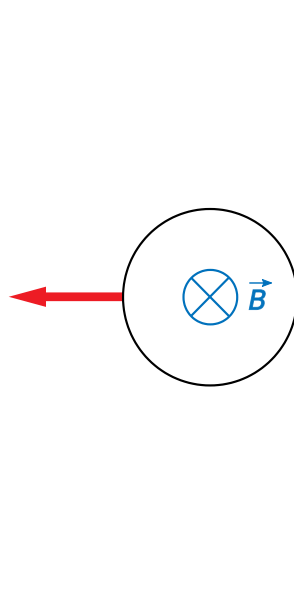
W polu magnetycznym wytworzonym przez prostoliniowy przewódnik z prądem znajduje się obwód kołowy leżący w jednej płaszczyźnie z przewodnikiem (Rys. 1a.). Prąd w przewodniku prostoliniowym płynie w górę. W którą stronę popłynie prąd w pierścieniu, jeśli będziemy go przysuwać do przewodnika?



Rys. 1a.

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

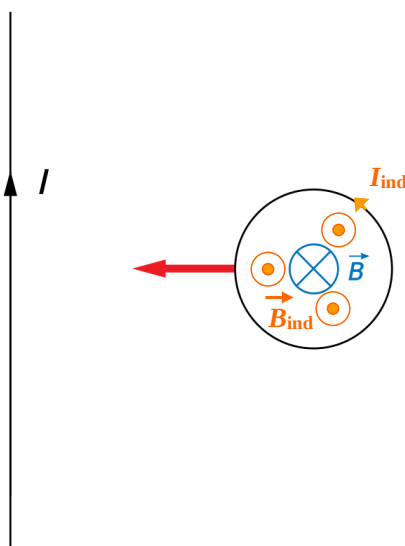
Prąd w przewodniku prostoliniowym wytwarza wokół siebie pole magnetyczne. Aby określić kierunek wektora indukcji magnetycznej w obrębie przewodnika kołowego, stosujemy znaną metodę prawej ręki. Kciuk ustawiamy tak, jak skierowany jest prąd, a palce pokażą nam pole magnetyczne „oplatające” ten prąd. Po prawej stronie przewodnika, tam gdzie znajduje się pierścień, linie pola wchodzą „w głąb”, co pokazano na Rys. 1b.



Rys. 1b.

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

Przybliżanie pierścienia powoduje wzrost **strumienia pola magnetycznego** przenikającego przez pierścień (rośnie wartość indukcji magnetycznej B). Zgodnie z regułą Lenza prąd w pierścieniu musi płynąć tak, żeby wektor pola magnetycznego $\vec{B}_{ind}$ wytworzony przez ten prąd był skierowany przeciwnie niż wektor wywołujący zjawisko indukcji $\vec{B}$. Czyli wektor $\vec{B}_{ind}$ jest skierowany „do nas” (Rys. 1c).



Rys. 1c.

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

Znowu stosujemy regułę prawej ręki. Tym razem kciuk kierujemy tak, jak wektor indukcji $\vec{B}_{ind}$, a pozostałe palce pokażą nam kierunek prądu indukcyjnego. Będzie przeciwny do kierunku ruchu wskazówek zegara.

Słowniczek

zjawisko indukcji elektromagnetycznej

(ang.: *electromagnetic induction*) – wytwarzanie prądu indukcyjnego w obwodzie zamkniętym wywołane zmiennym w czasie strumieniem pola magnetycznego przez powierzchnię ograniczoną tym obwodem.

strumień indukcji magnetycznej

(ang.: *magnetic flux*) – Φ_B , jednostka 1 Wb (weber), $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$. Strumieniem indukcji magnetycznej przez powierzchnię S nazywamy iloczyn skalarny wektorów $\vec{B}$ i $\vec{S}$. Drugi z wektorów jest z definicji prostopadły do powierzchni i ma długość taką, jak jej pole,

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

$$\alpha = \sphericalangle(\vec{B}, \vec{S})$$

ferromagnetyk

(*ang.: ferromagnetic material*) - to 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 .

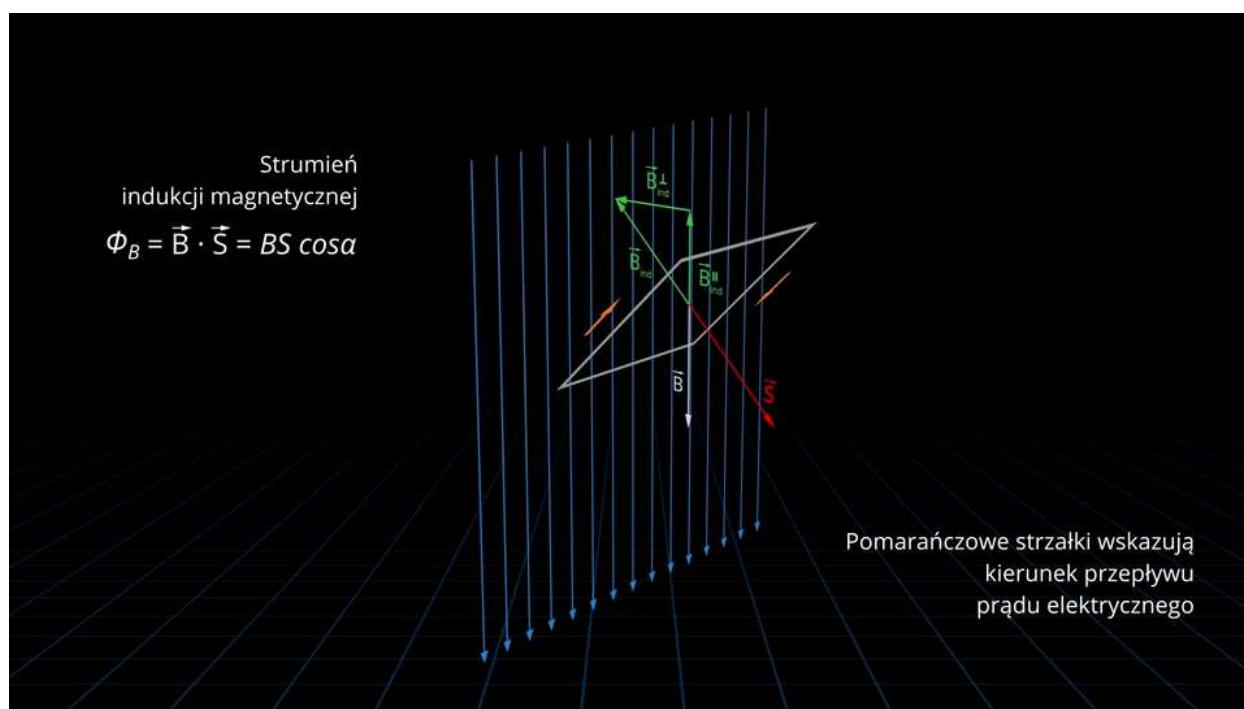
Animacja

Zastosowanie reguły Lenza

Polecenie 1

Zapoznaj się ze sposobem stosowania reguły Lenza w nietypowym przykładzie, w którym trudno jest zastosować regułę prawej ręki bezpośrednio. Dotyczy on obracania prostokątnej ramki umieszczonej w polu magnetycznym wokół osi przechodzącej przez krawędź ramki. Naszym zadaniem będzie wyznaczenie kierunku prądu wyindukowanego w ramce obracanej o kąt 180° .

Zwróć więc szczególną uwagę na sposób określania tego kierunku, przedstawiony w animacji.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R1OeLYj8g57eh](https://preview/resource/R1OeLYj8g57eh)

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 2

Przedstaw i zapisz argument przemawiający za faktem, że w chwili, w której wektor $\vec{S}$ powierzchni ramki był równoległy do wektorów $\vec{B}_{\text{ind}}$ pola magnetycznego, natężenie prądu indukcyjnego miała wartość zero.

Polecenie 3

Jakiego efektu możemy się spodziewać w powyższym doświadczeniu, jeśli na bardzo krótkim odcinku przerwiemy obwód ramki, z grubsza zachowując jej kształt?

- ☐ Ustanie przepływ prądu indukcyjnego i będzie można zmierzyć napięcie pomiędzy punktami, w których ramka została przerwana.
- ☐ Ustanie przepływ prądu indukcyjnego ale nie będzie można zmierzyć napięcia pomiędzy punktami, w których ramka została przerwana.
- ☐ Utrzyma się przepływ prądu indukcyjnego i będzie można zmierzyć napięcie pomiędzy punktami, w których ramka została przerwana.
- ☐ Utrzyma się przepływ prądu indukcyjnego ale nie będzie można zmierzyć napięcia pomiędzy punktami, w których ramka została przerwana.

Polecenie 4

Przepływowi prądu przez przewodnik towarzyszy wydzielanie się ciepła - jak w przypadku każdego opornika. Nie ma powodu, żeby prąd indukcyjny był tu wyjątkiem. Załóżmy, że wprawiamy ramkę z prądem w ruch obrotowy, jak w doświadczeniu opisanym w animacji. Zakładamy dodatkowo, że przy wyłączonym zewnętrznym polu magnetycznym ramka obracałaby się bez oporów ruchu. Pomijamy wpływ ciężenia. Wskaż poprawne uzupełnienie zdania.

Przy włączonym zewnętrznym polu magnetycznym ramka będzie się obracała...

- ☐ coraz szybciej.
- ☐ ze stałą prędkością kątową.
- ☐ coraz wolniej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

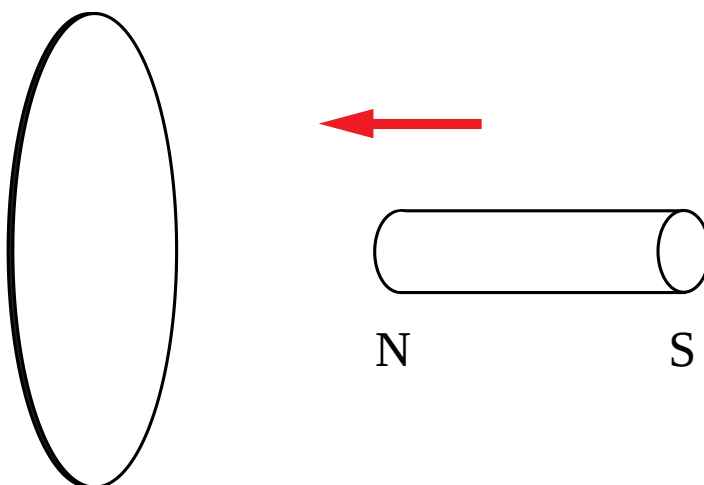
Ćwiczenie 1



Wybierz właściwe dokończenie zdania.

Jeśli prąd w obwodzie kołowym leżącym w płaszczyźnie kartki płynie w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, to wektory indukcji magnetycznej wytworzonej przez ten prąd w obrębie obwodu skierowane są ☐ do nas ☐ / ☐ od nas ☐.

Ćwiczenie 2



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

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

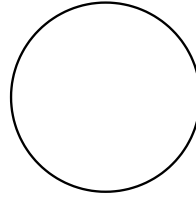
Wybierz właściwe uzupełnienia zdania.

W obwodzie kołowym pokazanym na rysunku prąd płynie ☐ zgodnie z kierunkiem ☐ /

☐ przeciwnie do kierunku ☐ ruchu wskazówek zegara, gdyż wektor $\vec{B}_{ind}$ skierowany jest

☐ w prawo ☐ / ☐ lewo ☐. Czerwona strzałka pokazuje kierunek ruchu magnesu.

Ćwiczenie 3



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

W przewodniku prostoliniowym płynie prąd, jak pokazuje strzałka na rysunku.

Połącz poprawne odpowiedzi spośród poniżej zamieszczonych:

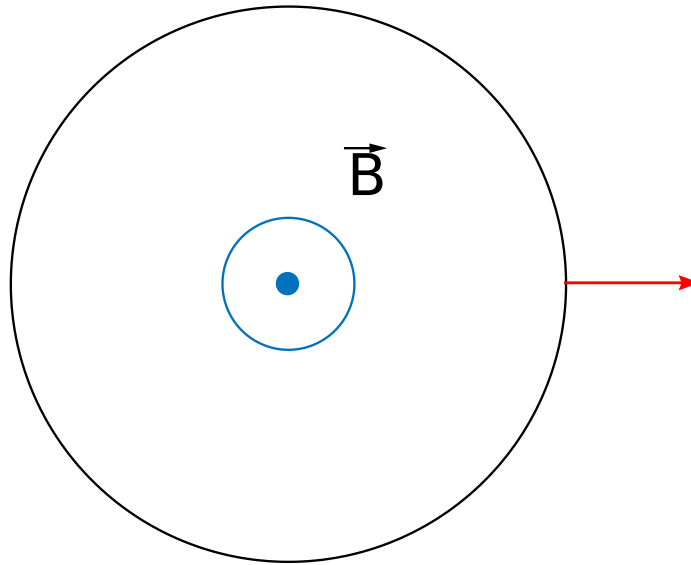
Aby prąd indukcyjny w przewodniku kołowym popłynął ...

zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek
zegara

natężenie prądu w przewodniku
prostoliniowym powinno MALEĆ

przeciwnie do kierunku ruchu
wskazówek zegara

natężenie prądu w przewodniku
prostoliniowym powinno ROSNAĆ

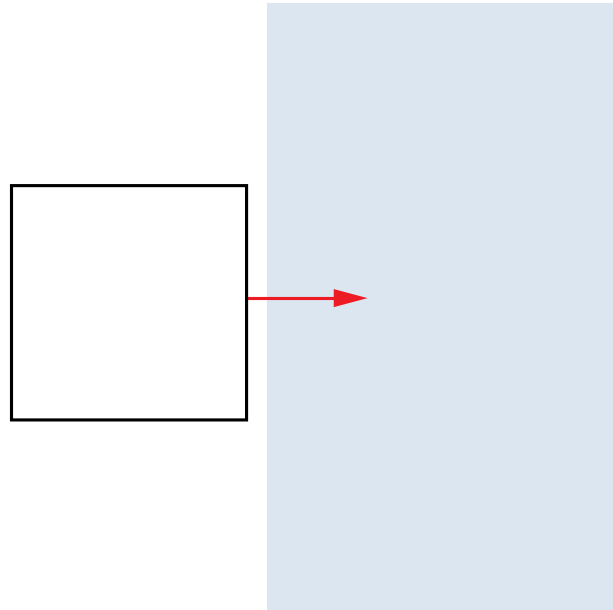


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Wybierz właściwie uzupełnienie zdania.

Obwód kołowy leżący w płaszczyźnie kartki znajduje się w polu magnetycznym o liniach prostopadłych do powierzchni kartki i skierowanych do nas. Gdy będziemy wyciągać obwód z obszaru pola magnetycznego przesuwając go w bok kartki, to prąd będzie płynął

zgodnie z kierunkiem ☐ / przeciwnie do kierunku ☐ ruchu wskazówek zegara.

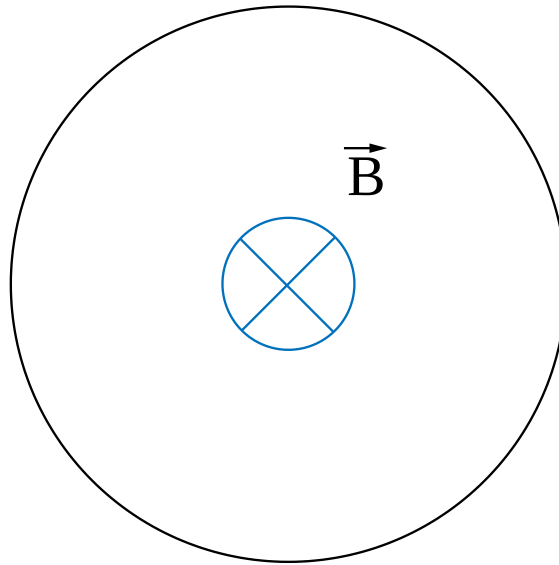


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Kwadratowa ramka wprowadzana jest w obszar jednorodnego pola magnetycznego o liniach prostopadłych do płaszczyzny rysunku.

W zdaniu poniżej wybierz właściwą wersję.

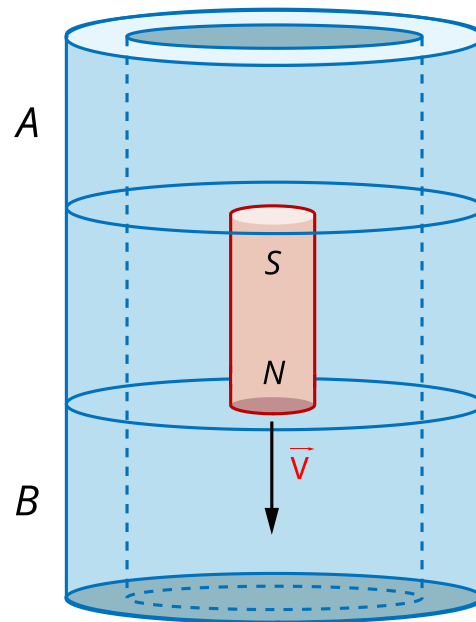
Aby prąd w kwadratowej ramce popłynął przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara, to wektory indukcji magnetycznej powinny być skierowane od nas ☐ / do nas ☐.



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

Wybierz właściwą odpowiedź.

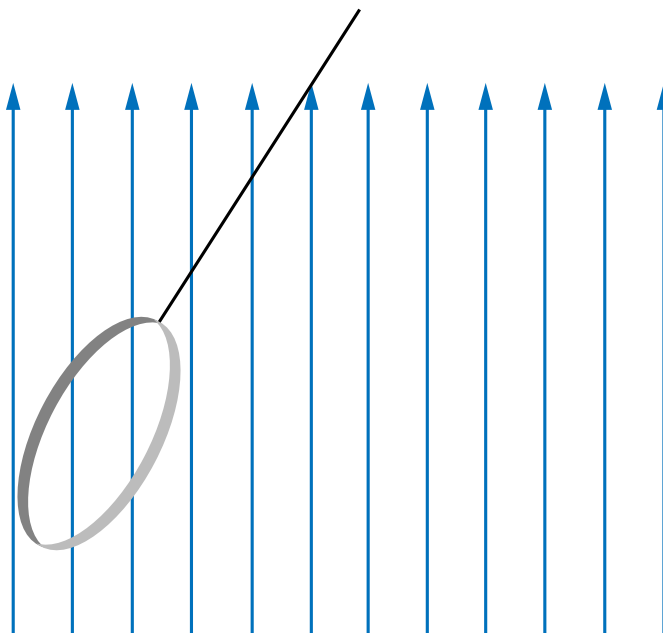
Obwód kołowy umieszczono w polu magnetycznym wytwarzanym przez elektromagnes tak, że linie pola są prostopadłe do płaszczyzny tego obwodu. Jeśli wektory indukcji pola magnetycznego skierowane są jak na rysunku, to - gdy zwiększamy prąd w elektromagnesie - w obwodzie kołowym płynie prąd ☐ zgodnie z ruchem / ☐ przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.



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

W metalowej, nieferromagnetycznej rurze spada pionowo magnes, tak jak to zostało pokazane na rysunku. Czy prąd wyindukowany w rurze powyżej magnesu (w części A) ma taki sam kierunek, co prąd wyindukowany poniżej magnesu (w części B)? Zaznacz właściwą odpowiedź.

Odpowiedź: tak ☐ / nie ☐



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

Wahadło zostało wykonane z metalowego pierścienia zawieszonego na nitce i umieszczone w polu magnetycznym, tak jak to pokazano na rysunku. Jest to jego położenie początkowe.

Tabela poniżej zawiera elementy opisu ruchu wahadła w ciągu jednego okresu jego ruchu. Wstaw obok odpowiedni symbol odnoszący się do kierunku prądu i jego wartości w bliższej nas części obwodu, na rysunku zaznaczonej jasnoszarym kolorem.

Zbiór symboli: 0, $\uparrow$, $\downarrow$, $\uparrow_{max}$, $\downarrow_{max}$

Moment maksymalnego wychylenia w lewo	
Ruch wahadła w 1. ćwiartce okresu	
Moment położenia równowagi	
Ruch wahadła w 2. ćwiartce okresu	
Moment maksymalnego wychylenia w prawo	
Ruch wahadła w 3. ćwiartce okresu	

Moment położenia równowagi	
Ruch wahadła w 4. ćwiartce okresu	

↓

0

↑

↑

↓

↓_{max}

↑_{max}

0

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Reguła Lenza w ćwiczeniach
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; 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. formułuje regułę Lenza. 2. stosuje regułę Lenza.
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:	nie
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel zaciekawia uczniów stawiając problem: jak wyznaczyć kierunek prądu indukcyjnego w obwodzie. Formułuje regułę Lenza, nadmieniając, że jest ona formą zasady zachowania energii.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel przedstawia przykład zastosowania reguły Lenza: może być ten omówiony w tekście. Następnie wspólnie z uczniami ogląda animację zatrzymując ją w miejscach, gdzie postawione są pytania. Uczniowie próbują odpowiadać na te pytania. Analizują zmiany strumienia indukcji magnetycznej przenikającego obracającą się ramkę. Na tej podstawie, posługując się regułą Lenza wyznaczają kierunek prądu. Zauważają, że w momencie kiedy strumień ma maksymalną wartość, prąd indukcyjny nie płynie.	
Faza podsumowująca:	
W fazie podsumowującej nauczyciel wraz z uczniami powinien rozwiązać zadania: 5, 6 i 7 z zestawu ćwiczeń. Są najistotniejsze. Pozostałe zadania proponuję zadać uczniom jako pracę domową.	
Praca domowa:	
Zadania 1, 2, 3, 4, 8.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Użyta w tym e-materiale animacja z pewnością mogłaby być zastosowana w realizacji innych tematów związanych z wyznaczaniem kierunku prądu indukcyjnego.