



Prąd indukcyjny

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

Prąd indukcyjny

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

Czy to nie ciekawe?

Prąd indukcyjny to – jak zapewne się domyślasz – prąd wywołany przez zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

Faraday przeprowadził bardzo wiele eksperymentów badając to zjawisko i stwierdził, że aby w obwodzie (zamkniętym!) popłynął prąd indukcyjny, musi być spełniony następujący warunek:

Strumień pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie musi się zmieniać.

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

Warunek musi być spełniony niezależnie od głębszej przyczyny płynięcia prądu (siły magnetycznej bądź siły elektrycznej działającej na elektrony).

Ale jak sprawić, żeby strumień indukcji magnetycznej się zmieniał? W jaki sposób wytwarzać prąd indukcyjny? Ten e-materiał pokaże Ci kilka pomysłów w tym zakresie.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, co to jest strumień pola magnetycznego,
- dowiesz się, jaki warunek związany ze strumieniem musi być spełniony, aby mógł popłynąć prąd indukcyjny,
- zastosujesz to nowe prawo fizyczne dotyczące zjawiska indukcji elektromagnetycznej w różnych sytuacjach przedstawionych w animacji i w zadaniach.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Najpierw trochę teorii.

Strumieniem indukcji magnetycznej B przez powierzchnię S nazywamy iloczyn skalarny wektorów $\vec{B}$ i $\vec{S}$. Z definicji $|\vec{S}|$ jest tożsamy z polem S , a kierunek $\vec{S}$ jest prostopadły (normalny) do tej powierzchni.

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

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

Strumień będzie się zmieniał, jeśli będzie zmieniała się dowolna z wielkości w powyższym iloczynie: powierzchnia, wartość indukcji magnetycznej, kąt między powierzchnią a wektorem indukcji – pod warunkiem, że iloczyn określający Φ_B nie pozostaje stały.

Więcej o strumieniu magnetycznym i jego zmianach możesz się dowiedzieć w e-materiale „Jak definiuje się strumień wektora indukcji magnetycznej”.

Linie pola magnetycznego a strumień magnetyczny przez powierzchnię

Gdy przedstawiamy [pole magnetyczne](#) za pomocą linii pola, to interpretujemy zagęszczenie tych linii jako miarę wartości indukcji B tego pola. Analogicznie interpretujemy strumień pola magnetycznego przez powierzchnię S . Im więcej linii pola przechodzi przez tę powierzchnię, tym większa wartość strumienia Φ_B . Obrazowo więc rzecz ujmując, **zmiana strumienia** zawsze będzie związana ze **zmianą liczby linii pola magnetycznego przechodzących przez powierzchnię obwodu**.

Względny ruch magnesu i obwodu

Strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię obwodu, w którym wzbudzamy prąd będzie różny, gdy będziemy zmieniać odległość pomiędzy obwodem a [magnesem sztabkowym](#) (Rys. 1.). Zmienia się wtedy wartość indukcji B we wzorze (1).

Rys. 1. Kołowy obwód umieszczony w różnych odległościach od bieguna magnesu sztabkowego. Im bliżej bieguna umieścimy obwód, tym większy strumień magnetyczny przechodzi przez jego powierzchnię.

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

Zmiana strumienia będzie miała miejsce niezależnie od tego, który z obiektów – magnes czy obwód – zostanie przemieszczony.

Gdybyśmy zastąpili magnes elektromagnesem, to w ogóle niepotrzebny byłby ruch. Wystarczyłoby regulowanie natężenia prądu płynącego w elektromagnecie. W każdym z tych przypadków zmiane ulega liczba linii pola przechodzących przez powierzchnię.

Obrót obwodu

Strumień można też zmienić poprzez zmianę ustawienia powierzchni S względem magnesu. Prowadzi to, we wzorze (1), do zmiany kąta α pomiędzy wektorami $\vec{B}$ i $\vec{S}$. Wystarczy, na przykład, obrócić obwód (Rys. 2.).

Rys. 2. Obwód kołowy może być ustawiony w płaszczyźnie prostopadłej do osi symetrii magnesu lub w płaszczyźnie zawierającej tę oś. W każdym z tych przypadków, jak i w położeniach pośrednich, strumień pola magnetycznego przechodzący przez powierzchnię jest inny.

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

Można też obrócić magnes. Ale trzeba to zrobić tak, żeby zmieniła się liczba linii pola magnetycznego przecinających powierzchnię rozpiętą na obwodzie. Gdybyśmy bowiem obrócili kołowy obwód wokół osi symetrii magnesu, to liczba linii pola przecinających powierzchnię nie uległaby zmianie – stały byliby wtedy strumień magnetyczny.

Słowniczek

Pole magnetyczne

(*ang.: magnetic field*) stan przestrzeni charakteryzujący się działaniem siły, zwanej siłą magnetyczną (Lorentza) na ładunek elektryczny poruszający się 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. Zmiana ta może być spowodowana zmianami pola magnetycznego lub względnym ruchem przewodnika i źródła pola magnetycznego. W obwodzie zamkniętym siła elektromotoryczna powoduje przepływ prądu, zwanego prądem indukcyjnym.

Magnes sztabkowy

(*ang.: bar magnet*) Magnes o kształcie prostopadłościanu, którego jedna krawędź ma długość znacząco większą, niż dwa pozostałe, mające rozmiary zbliżone. Taki magnes jest

namagnesowany tak, że linie pola w jego wnętrzu są równoległe (w przybliżeniu) do jego krawędzi długiej.

Metody wzbudzania prądu indukcyjnego w obwodzie zamkniętym

Polecenie 1

Obejrzyj animację, w której zilustrowano różne sytuacje prowadzące do wzbudzania prądu indukcyjnego. Zwróć uwagę na następujące prawidłowości:

- w sytuacji stacjonarnej nie zostaje wzbudzony prąd indukcyjny;
- zmiany prowadzące do wzbudzenia prądu indukcyjnego mogą być związane z obwodem: jego rozmiarem i usytuowaniem w polu magnetycznym;
- także zmiany pola magnetycznego - jego kierunku, zwrotu i wartości - wywołują przepływ prądu indukcyjnego;
- wszystkie zmiany wzbudzające prąd elektryczny mają wspólną cechę: związane są ze zmianą strumienia pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na obwodzie.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D5dZO909I>

Wzbudzanie prądu indukcyjnego.

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

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 2

W pobliżu zamkniętego obwodu elektrycznego zaczynamy poruszać magnesem trzymanym w ręce. Który z poniższych opisów jest właściwy?

- ☐ Jeśli poruszamy magnesem tak, że strumień indukcji przez powierzchnię rozpiętą na przewodniku jest zmienny, to poruszanie magnesem jest trudniejsze niż bez obecności przewodnika.
- ☐ Jeśli poruszamy magnesem tak, że strumień indukcji przez powierzchnię rozpiętą na przewodniku jest stały, to poruszanie magnesem jest łatwiejsze niż bez obecności przewodnika.

Polecenie 3

Zakładając, że poprzednie zadanie jest poprawnie rozwiązane - czy domyślasz się, co powoduje taki efekt?



Każdy metal oddziałuje w zauważalny sposób z magnesem stałym, stąd trudności w jego przemieszczaniu w pobliżu przewodnika.



Oprócz pracy wykonanej - jak w nieobecności przewodnika - w celu poruszania magnesem, musimy także uwzględnić straty energii w obwodzie, który wydzieli ciepło przewodząc prąd indukcyjny. Im większe natężenie tego prądu, tym większe są trudności w poruszaniu magnesem.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, czy dokończenie zdania jest prawdziwe czy fałszywe.

W obwodzie zamkniętym popłynie prąd indukcyjny, gdy strumień pola magnetycznego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie będzie ...

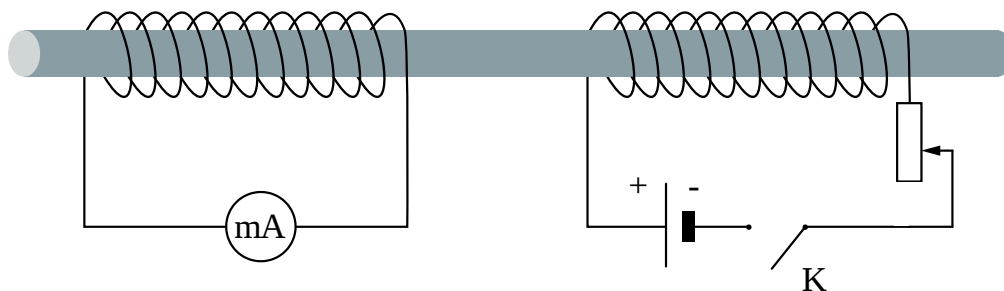
	Prawda	Fałsz
miał stałą dużą wartość	☐	☐
wzrastał	☐	☐
zerowy	☐	☐
zmniejszał się	☐	☐
zmieniał się	☐	☐

Ćwiczenie 2



Na wspólnym rdzeniu nawinięte są dwa uzwojenia (zobacz rysunek). Lewe uzwojenie zamknięte jest miliamperomierzem.

Prąd w lewym obwodzie możesz wywołać w następujący sposób:

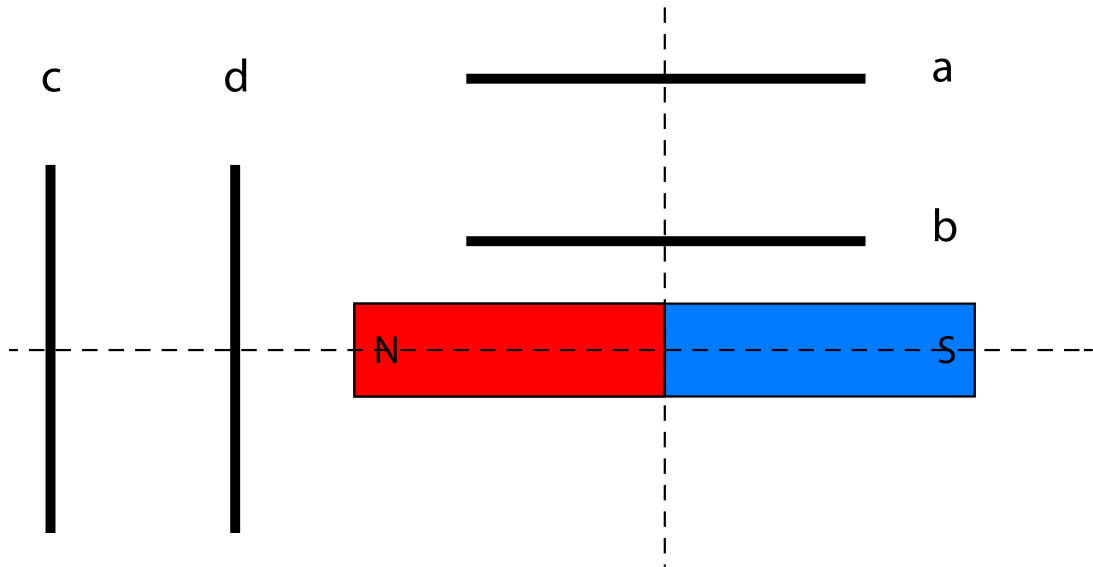


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Zaznacz prawdę albo fałsz.

	Prawda	Fałsz
Zamykając klucz K	☐	☐
Otwierając klucz K	☐	☐
Przy otwartym kluczu przesuwając suwak opornicy w celu zwiększenia oporu	☐	☐
Przy otwartym kluczu przesuwając suwak opornicy w celu zmniejszenia oporu	☐	☐
Przy otwartym kluczu zmieniając polaryzację ogniwa na przeciwną	☐	☐
Przy zamkniętym kluczu przesuwając suwak opornicy w celu zwiększenia oporu	☐	☐
Przy zamkniętym kluczu przesuwając suwak opornicy w celu zmniejszenia oporu	☐	☐
Przy zamkniętym kluczu zmieniając polaryzację ogniwa na przeciwną	☐	☐

Ćwiczenie 3



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

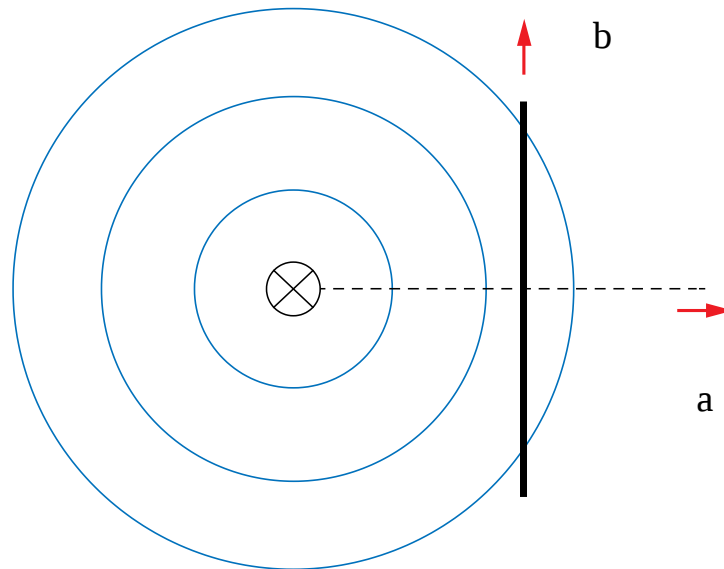
Rysunek przedstawia magnes sztabkowy wraz z czterema położeniami (a, b, c, d) kwadratowej ramki. Jest to widok „z góry”. Ramka za każdym razem ustawiona jest symetrycznie względem magnesu tzn. jej środek pokrywa się ze środkiem magnesu.

Wskaż ruchy ramki, przy których płynie w niej prąd indukcyjny.

☐ Gdy zbliżamy ramkę z położenia a do b wzdłuż przerywanej linii.

☐ Gdy oddalamy ramkę z położenia d do c wzdłuż przerywanej linii.

☐ Gdy przesuwamy ramkę z położenia d do a.



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

Dany jest przewodnik prostoliniowy z prądem, prostopadły do płaszczyzny rysunku. W polu magnetycznym wytworzonym przez ten przewodnik umieszczona jest kwadratowa ramka.

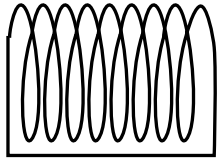
Uzupełnij zdanie tak, aby było prawdziwe:

W ramce chcemy wzbudzić prąd indukcyjny zachowując jej kierunek w przestrzeni. Należy przesunąć ją w kierunku „a” / w kierunku „b”.

Ćwiczenie 5



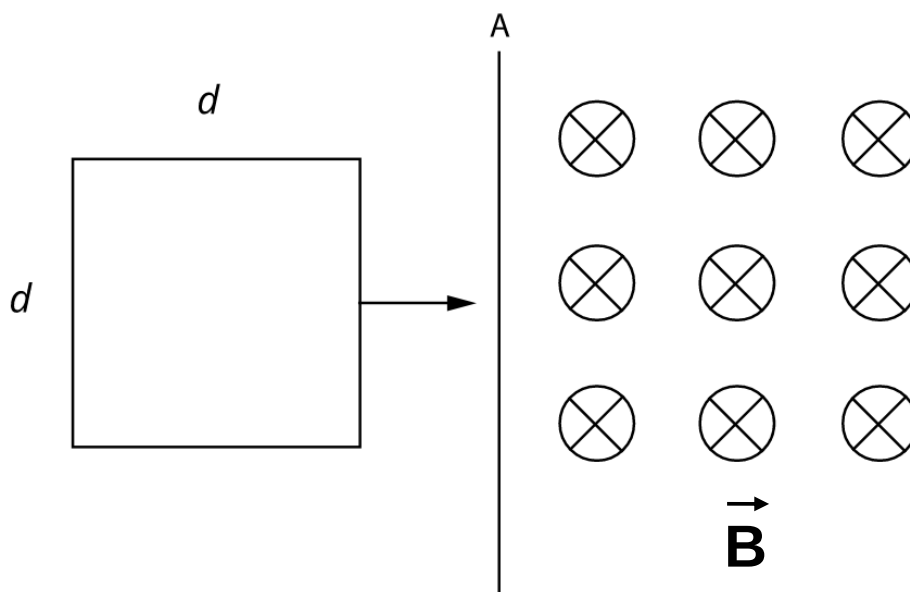
Sprężyna wykonana z miękkiego drutu, której końce zwarto (zobacz rysunek) została umieszczona w jednorodnym polu magnetycznym równoległe do jego linii. (Oś sprężyny jest równoległa do linii pola).



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

Sprężynę następnie rozciągnięto do postaci pokazanej na rysunku po prawej stronie. Liczba zwojów nie zmieniła się, kierunek osi sprężyny również. Wybierz poprawną odpowiedź.

W sprężynie podczas tej operacji {#popłynie} / {nie popłynie} prąd indukcyjny.



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

Kwadratowa ramka porusza się ze stałą prędkością w kierunku obszaru jednorodnego pola magnetycznego. Obszar ten oddzielony jest linią A, jak zaznaczono na rysunku powyżej.

Zaznacz prawidłowe warianty w poniżej podanych wypowiedziach.

Podczas przekraczania linii A przez poziome boki ramki, {#poptynie} / {nie poptynie} w niej prąd indukcyjny.

Gdyby obwód miał kształt kołowy (a nie kwadratowy), to {#poptynalb} / {nie poptynalb} w nim prąd indukcyjny.

Gdyby ramka została obrócona o 90° wokół kierunku jej ruchu, to {poptynalb} / {#nie poptynalb} w niej prąd indukcyjny.

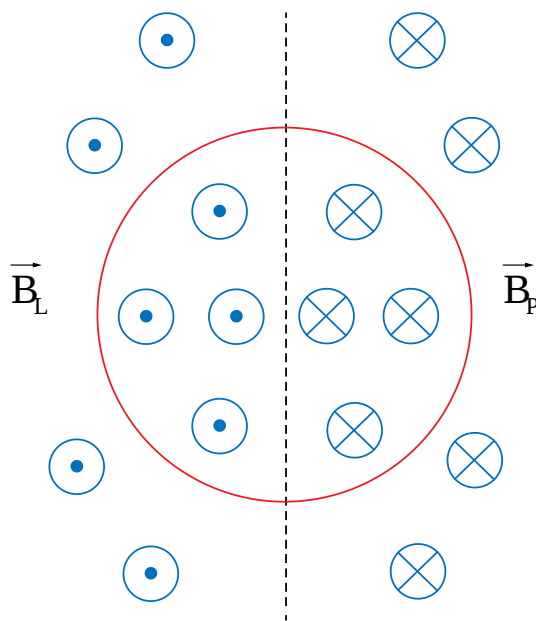
.

Ćwiczenie 7



Obwód kołowy wstawiony jest w dwa obszary pola magnetycznego jednorodnego – lewy i prawy. Wartości pól są te same.

Prąd indukcyjny popłynie, gdy będziemy przesuwać obwód w kierunku:



☐ prawo

☐ lewo

☐ góra

☐ dół

Ćwiczenie 8



Dany jest ten sam układ, co w zadaniu poprzednim, ale tym razem wartości pól lewego i prawego będą się zmieniać. W zdaniach poniżej zaznacz prawidłową odpowiedź.

- a) Prąd w obwodzie {#będzie płynął} / {nie będzie płynął}, gdy wektor $\vec{B}_p$ będzie miał stałą wartość a wartość wektora $\vec{B}_L$ będzie rosła.
- b) Prąd w obwodzie {#będzie płynął} / {nie będzie płynął}, gdy wartość $\vec{B}_p$ będzie malała a wartość $\vec{B}_L$ będzie rosła.
- c) Prąd w obwodzie {będzie płynął} / {#nie będzie płynął}, gdy wartość $\vec{B}_p$ będzie malała i wartość $\vec{B}_L$ będzie malała tak samo szybko.
- d) Prąd w obwodzie {#będzie płynął} / {nie będzie płynął}, gdy wartość $\vec{B}_p$ będzie rosła a wartość $\vec{B}_L$ będzie malała tak samo szybko.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Prąd indukcyjny
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. 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. 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 prądnicy.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. • 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:	Uczeń: 1. dowie się, co to jest strumień pola magnetycznego, 2. pozna warunek związany ze strumieniem, jaki musi być spełniony, aby mógł popłynąć prąd indukcyjny, 3. przekona się, że warunek musi być spełniony niezależnie od głębszej przyczyny płynięcia prądu (siły magnetycznej bądź siły elektrycznej działającej na elektrony), 4. będzie potrafił skorzystać z wyżej wspomnianego warunku, w celu stwierdzenia, czy w danej sytuacji popłynie prąd indukcyjny.
Strategie nauczania	nauczanie przez dociekanie IBSE, nauczanie wyprzedzające
Metody nauczania	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	niniejszy e-materiał
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel, na poprzedniej lekcji, zadał uczniom zapoznanie się z e-materiałem „Zjawisko indukcji elektromagnetycznej” i przeanalizowanie przykładów zawartych w animacji i w części „Sprawdź się” pod kątem sprawdzenia reguły strumienia Faradaya. Nauczyciel rozpoczyna lekcję od omówienia pracy domowej.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie, upewnieni już co do reguły strumienia, samodzielnie analizują różne sytuacje, odpowiadając na pytanie „Co trzeba zrobić, żeby popłynął prąd indukcyjny?”. Uczniowie oglądają animację i zawarte w niej przykłady. Uczniowie dokonują krótkiego podsumowania pracy z animacją. Nauczyciel dodaje ewentualne wyjaśnienia.	

Faza podsumowująca:

Uczniowie rozwiązują zadania 2, 3, 4, 5, 7 z zestawu ćwiczeń. Pytania i zadania pozwolą ocenić, na ile udało się zrealizować cele lekcji.

Praca domowa:

Rozwiązanie zadań 1, 6, 8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Animacja może służyć uczniom do powtórzenia i utrwalenia wiadomości o zjawisku indukcji elektromagnetycznej i prądzie indukcyjnym.