

W jaki sposób magnes działa na ramkę, w której płynie prąd?

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



W jaki sposób magnes działa na ramkę, w której płynie prąd?

Czy to nie ciekawe ?

Zarówno ramka z prądem jak i igła magnetyczna zachowują się w polu magnetycznym w identyczny sposób. Dlaczego? Oba te obiekty obdarzone są momentem magnetycznym $\vec{\mu}$. W polu magnetycznym ustawiają się tak, że ich wektor momentu magnetycznego $\vec{\mu}$ jest równoległy do linii pola i zwrócony tak samo jak wektor indukcji. To jest ich położenie równowagi.

Czy wiesz, że wyprowadzona z położenia równowagi igła magnetyczna wykonuje drgania wokół tego położenia? Oczywiście ramka z prądem też będzie się tak zachowywała. W tym przypadku można to łatwo wyjaśnić, o czym przeczytasz w tym e-materiale.



Rys. a. Ramka z prądem wytwarza pole magnetyczne i zachowuje się jak magnes.

Twoje cele

- dowiesz się, w jaki sposób działa siła elektrodynamiczna na ramkę z prądem,
- dowiesz się, jak zachowuje się ramka z prądem w jednorodnym polu magnetycznym,
- wykorzystasz zdobytą wiedzę do rozwiązania problemów i zadań.

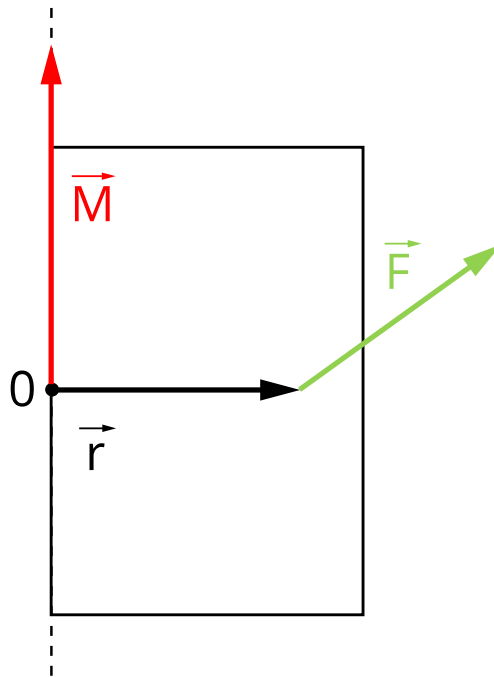
Przeczytaj

Warto przeczytać

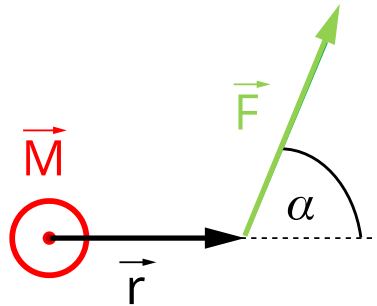
Zanim rozpoczniemy analizę zachowania ramki z prądem w [polu magnetycznym](#), przypomnijmy sobie ważną wielkość fizyczną, jaką jest moment siły. Jeśli na ciało działa niezerowy moment siły, to ciało zostaje wprowadzone w ruch obrotowy. Jest to wobec tego dla ruchu obrotowego zasadnicza wielkość, analogiczna do siły dla ruchu postępowego ciała. Moment siły zdefiniowany jest jako iloczyn wektorowy:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F},$$
 gdzie wektor \vec{r} jest ramieniem siły \vec{F} .

Poniższe rysunki przedstawiają otwieranie drzwi z punktu widzenia fizyka -zaznaczono przyłożoną siłę \vec{F} , jej ramię \vec{r} oraz moment siły \vec{M} . Na Rys. 2. jest rzut z góry.



Rys. 1. Wektory \vec{r} i \vec{F} leżą w płaszczyźnie prostopadłej do drzwi. Wektor momentu siły \vec{M} jest położony wzdłuż osi obrotu drzwi.

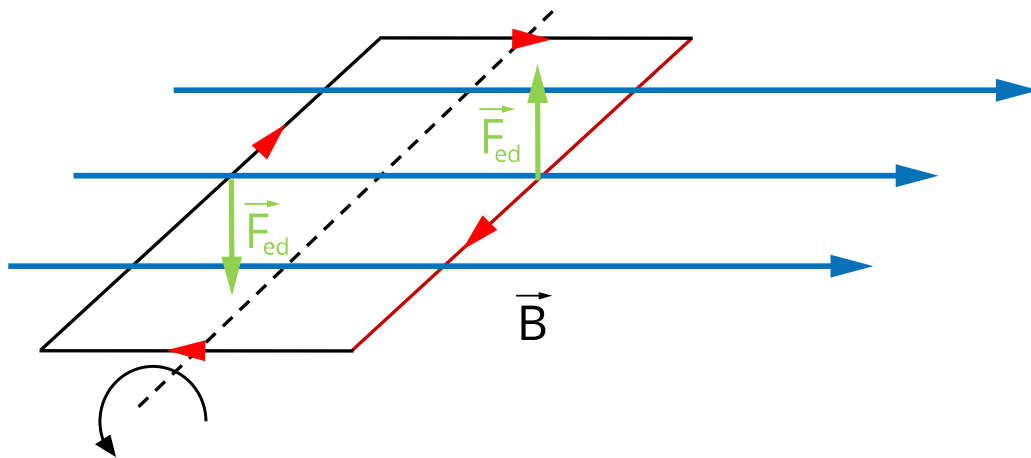


Rys. 2. Siła \vec{F} działa, jak poprzednio, na te same drzwi, ale teraz widzimy je „od góry”. Zaznaczony kąt jest kątem między wektorami \vec{r} i \vec{F} . Jak widzimy, wektor momentu siły \vec{M} jest prostopadły do obu wektorów: \vec{r} i \vec{F} .

Zwrot momentu siły wyznaczamy, jak zwykle dla iloczynu wektorowego, za pomocą reguły śruby prawoskrętnej. Wartość momentu siły obliczymy posługując się wzorem:

$$M = rF \sin \alpha, \text{ gdzie } \alpha = \sphericalangle(\vec{r}, \vec{F}).$$

Teraz umieścimy ramkę z prądem w jednorodnym polu magnetycznym tak, jak zostało to przedstawione na Rys. 3. Wyznamy kierunki **sił elektrodynamicznych** działających na poszczególne boki ramki.

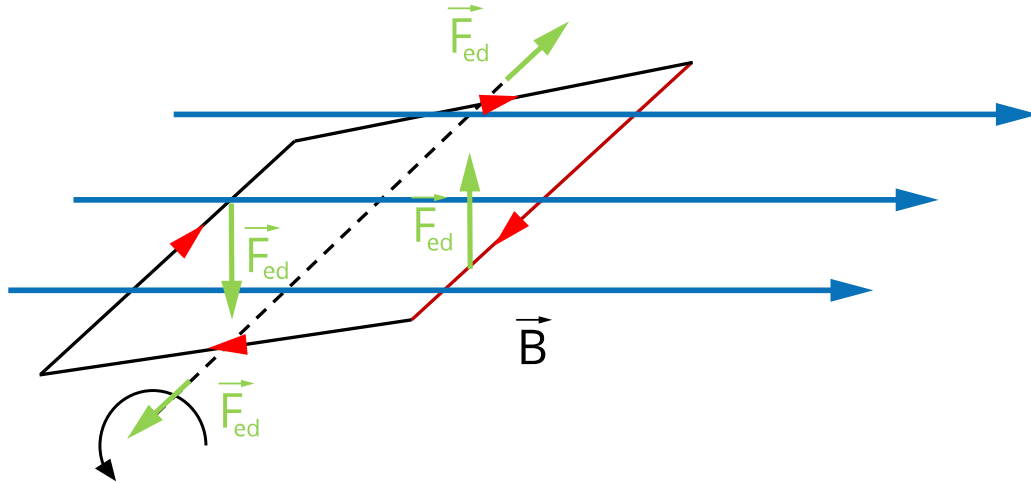


Rys. 3. Ramka w polu magnetycznym.

Zauważ, że na boki ramki, które są równoległe do linii pola magnetycznego, siły nie działają (w tym położeniu ramki). Dzieje się tak dlatego, gdyż w tych częściach ramki prądy

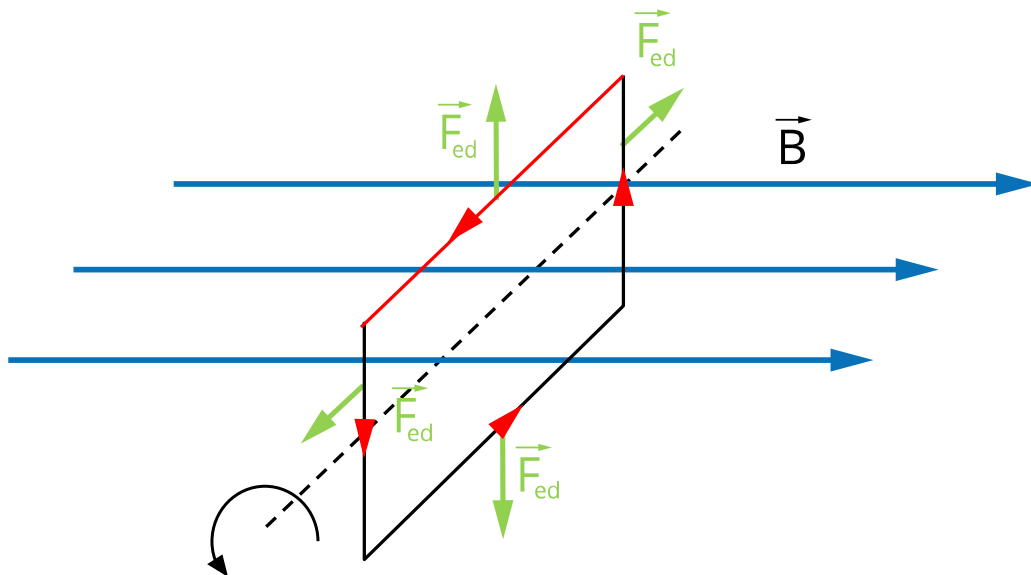
płyną równoległe do linii pola magnetycznego. Przypomnij sobie, jaka siła działa na przewodnik z prądem. Na przewód o długości \vec{L} , gdy kierunek wektora \vec{L} pokrywa się z kierunkiem przepływu prądu, działa siła $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$. Jeśli kąt między wektorami \vec{L} i \vec{B} wynosi 0, wówczas z definicji iloczynu wektorowego siła również musi być równa 0.

Jeśli ramka obróci się, to na jej boki, które są równoległe do linii pola magnetycznego, siły będą już działać. Zostało to przedstawione na Rys. 4.



Rys. 4. Obrócona ramka w polu magnetycznym.

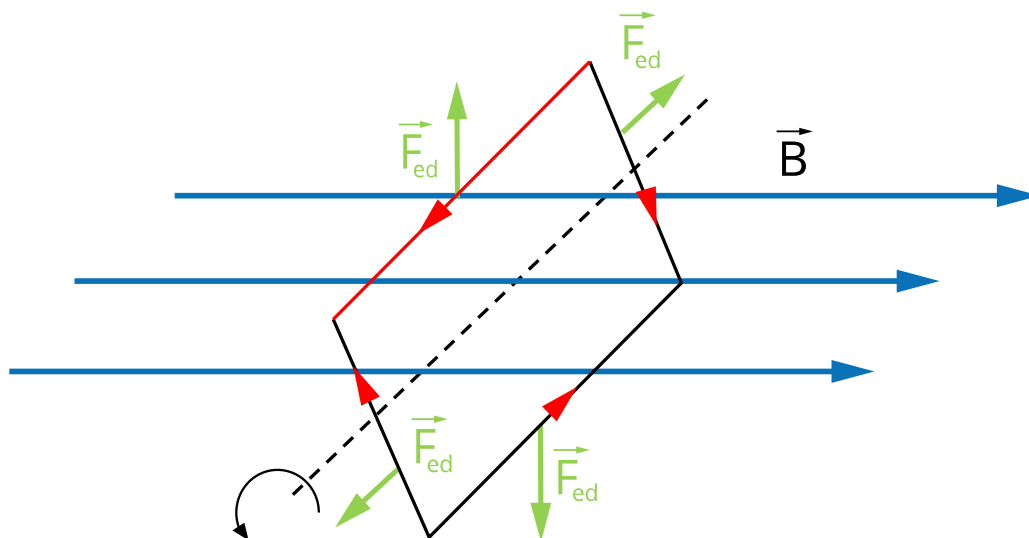
Teraz, na części ramki położone po obrocie już pod pewnym niezerowym kątem do linii pola magnetycznego, siły działają. Pomimo tego, ponieważ wektory sił ustawione są w płaszczyźnie ramki, to nie wpływają na jej obrót – ich moment siły wynosi zero. Ramka będzie się dalej obracała za sprawą niezerowego momentu sił przyłożonych do boków ramki równoległych do osi. W końcu ramka osiągnie położenie przedstawione na Rys. 5.



Rys. 5. Ramka w położeniu równowagi.

W tym położeniu również moment pary sił działających na boki równoległe do osi wynosi zero, wobec tego moment wypadkowy działający na ramkę zeruje się i siła wypadkowa również.

Mamy do czynienia z położeniem równowagi. Natomiast ramka, która ma z pewnością jakiś moment bezwładności, uzyskała poprzednio pewną prędkość kątową. Ma wobec tego pewien moment pędu i energię kinetyczną ruchu obrotowego. Będzie się zatem dalej obracała. „Przeleci” przez położenie równowagi. Jak wtedy będą działały siły?



Rys. 6. Ramka po przejściu przez położenie równowagi.

Na Rys. 6. pokazana jest taka sytuacja. Zwróć uwagę na to, że wyróżniony ciemnoczerwonym kolorem bok ramki znajdzie się teraz po lewej stronie od położenia równowagi. Kierunki sił elektrodynamicznych nie zmieniły się, bo kierunek prądu jest taki sam. Ale ramka będzie obracała się teraz przeciwnie – w prawą stronę, zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Tak będą obracać ją momenty sił elektrodynamicznych. Zatem ramka znowu będzie obracała się w stronę położenia równowagi. Tak więc będziemy mieli do czynienia z **ruchem drgającym** obrotowym ramki wokół położenia równowagi. Ramka zachowuje się jak igła magnetyczna.

Można by zastanawiać się nad częstością drgań ramki. Na pewno będzie ona zależała od natężenia prądu płynącego w ramce, od wartości indukcji magnetycznej, od rozmiarów ramki, bo od tego zależny będzie moment pary sił. Na pewno rolę będzie odgrywać moment bezwładności ramki. Jednak nie będziemy tu dokładnie rozważać tego problemu. Zainteresowanych odsyłam do materiału zatytułowanego „Zachowanie się momentu magnetycznego w polu magnetycznym”.

Słowniczek

pole magnetyczne

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

linie pola magnetycznego

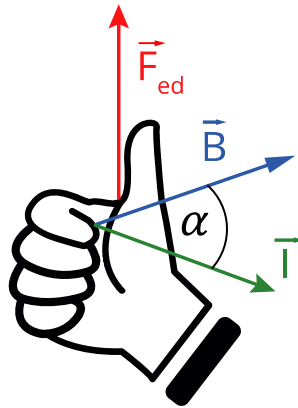
(ang.: *magnetic line of induction*) poglądowy obraz tego pola. Przebieg linii odzwierciedla układ wektorów indukcji magnetycznej \vec{B} w przestrzeni. W każdym, dowolnym punkcie linii pola zaczepiony jest wektor \vec{B} , styczny do tej linii.

siła elektrodynamiczna

(ang.: *electromagnetic force*) siła, która działa na przewodnik z prądem umieszczony w polu magnetycznym. Określa ją następujący wzór: $F_{ed} = I\vec{l} \times \vec{B}$, gdzie wektor \vec{l} jest wektorem o długości przewodnika l i kierunku i zwrocie zgodnym z kierunkiem prądu w przewodniku. Wartości siły elektrodynamicznej obliczymy posługując się zależnością:

$$F_{ed} = IlB \sin \angle(\vec{l}, \vec{B}).$$

Występujący w tej zależności wektor F_{ed} jest prostopadły zarówno do wektora \vec{l} jak i do wektora \vec{B} .



Zwrot siły elektrodynamicznej wyznaczamy za pomocą reguły śruby prawoskrętnej, co pokazano na rysunku.

Film (standardowy)

W jaki sposób magnes działa na ramkę, w której płynie prąd?

Zapoznaj się z filmem, który pokazuje wpływ pola magnetycznego na ramkę z prądem.

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Dlaczego ramka odchyła się w różnych kierunkach w zależności od kierunku przepływu prądu?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

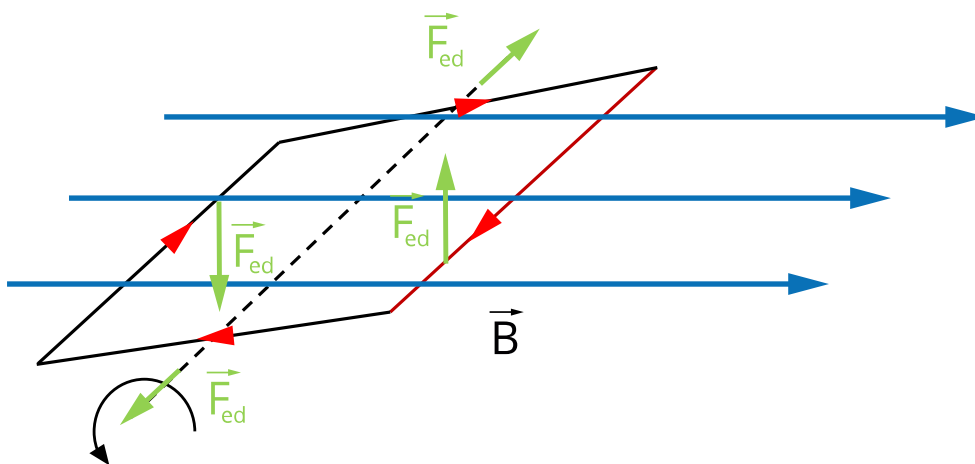
Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Oblicz, ile będzie wynosił wypadkowy moment sił działających na prostokątną ramkę o wymiarach 10 cm na 20 cm, umieszczoną w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 0,5 T, jeśli płynie w niej prąd o natężeniu $I = 2$ A. Płaszczyzna ramki ustawiona jest pod kątem 30° do linii pola magnetycznego. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



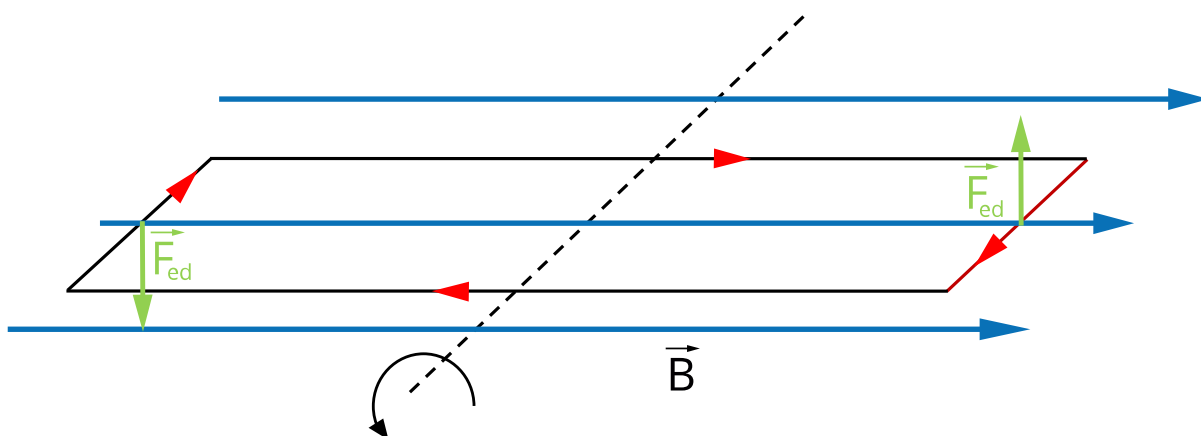
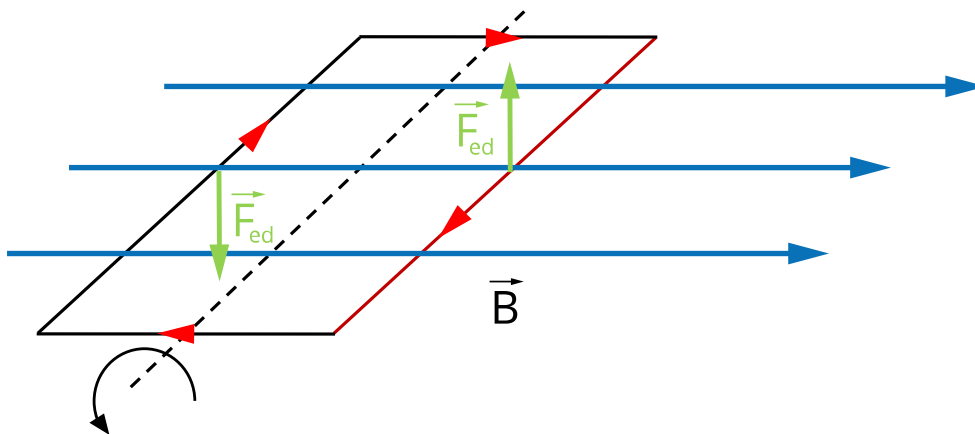
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Rozważmy dwie ramki: jedną o bokach a i b i drugą o bokach a' i b' , takich, że $a' = a/3$ i $b' = 3b$. Obie są umieszczone w tym samym polu magnetycznym i w obu płynie prąd o takim samym natężeniu.



Wyznacz wypadkowy moment sił działający na jedną i drugą ramkę. Porównaj te momenty.

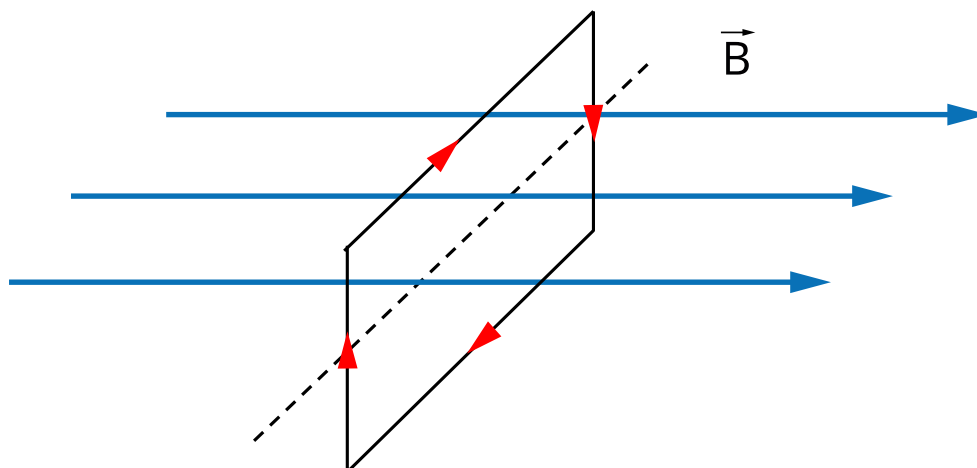
Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Udowodnij, że położenie ramki z prądem pokazane na rysunku jest położeniem równowagi nietrwałej (chwijnej). W takim położeniu siły się równoważą i wypadkowy moment siły wynosi zero, ale małe odchylenie od tego położenia powoduje radykalne od niego odejście. Inaczej jest w przypadku położenia równowagi trwałej, gdzie układ po niewielkim wyprowadzeniu ze stanu równowagi powraca do niego.



Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	W jaki sposób magnes działa na ramkę w której płynie prąd?
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>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);</p> <p>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;</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji.</p> <p>IX. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła Lorentza, siła elektrodynamiczna); opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym.</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. opisuje, w jaki sposób działa para sił elektrodynamicznych na ramkę z prądem, 2. tłumaczy, jak zachowuje się ramka z prądem w jednorodnym polu magnetycznym, 3. wyznacza momenty sił działających na ramkę z prądem w polu magnetycznym.
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:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel wykonuje prosty pokaz z igłą magnetyczną i magnesem. Igła ustawia się wzdłuż linii pola magnetycznego, ale wyprowadzona z położenia równowagi wykonuje drgania. Jeśli nauczyciel realizował przedtem temat dotyczący momentu magnetycznego, to może tu wspólnie z uczniami przypomnieć definicję tej wielkości fizycznej i zauważyć, że zarówno igle magnetycznej, jak i ramce z prądem, można przypisać taką wielkość. Spodziewamy się wobec tego, że ramka z prądem zachowa się podobnie jak igła magnetyczna i umieszczona w polu magnetycznym będzie wykonywała drgania.</p>	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie zachęteni przez nauczyciela analizują, podobnie jak jest to zrealizowane w materiale, zachowanie ramki z prądem umieszczonej w jednorodnym polu magnetycznym. Obliczają działający na ramkę moment pary sił i dochodzą do wniosku, że ramka będzie drgała. Oglądają też wspólnie film zamieszczony w materiale i dyskutując na forum klasy starają się odpowiedzieć na związane z nim pytanie umieszczone pod filmem.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel wraz z uczniami powinien rozwiązać zadania: 2, 7, i 8 z zestawu ćwiczeń. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

W celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o działaniu magnesu na ramkę z prądem uczniowie rozwiązują zadania: 1, 3, 4, 6 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Film można wykorzystać na każdej lekcji, na której poruszany jest problem siły działającej na przewodnik z prądem.