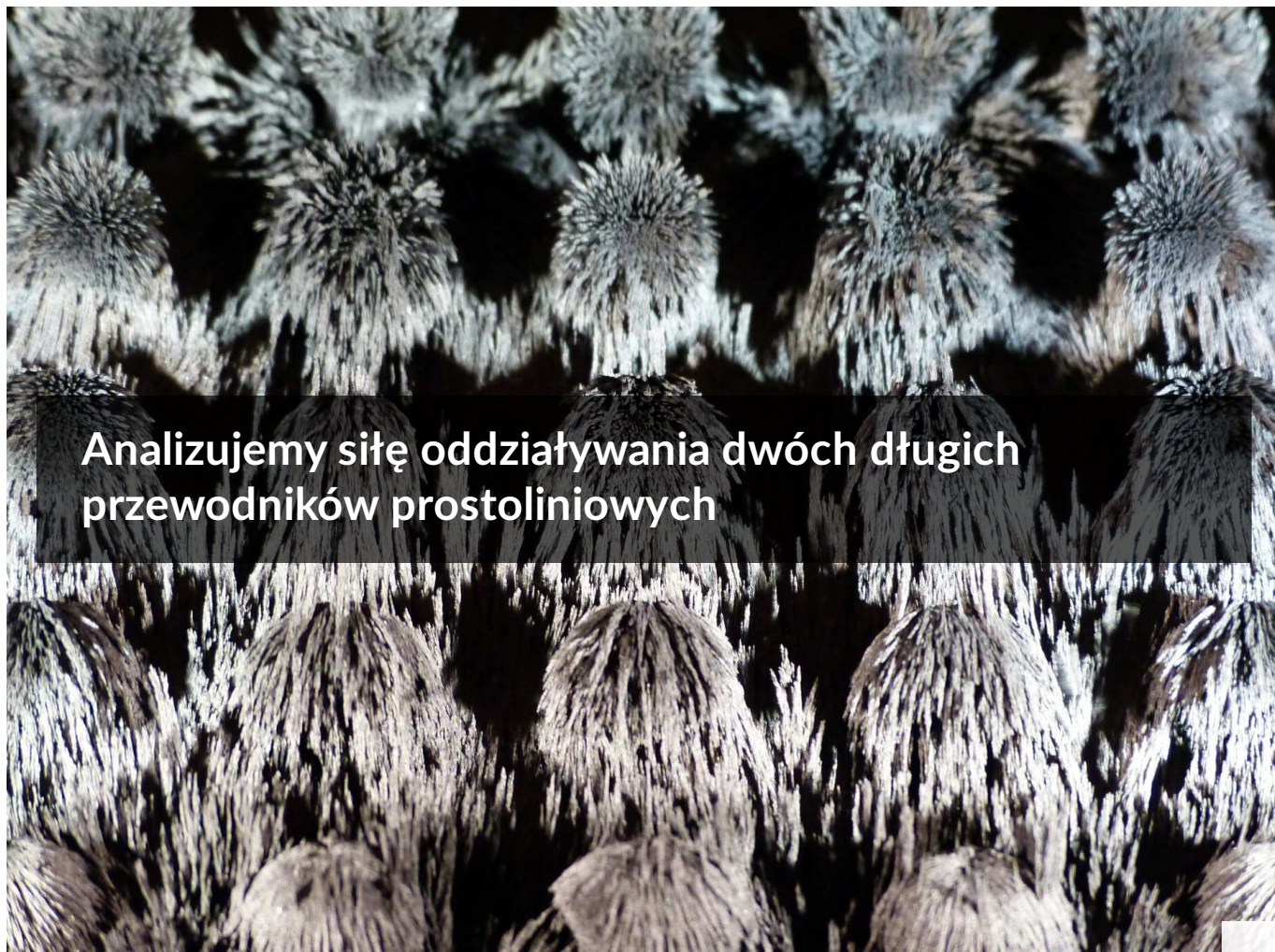




Analizujemy siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych

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



Analizujemy siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych

Czy to nie ciekawe?

Jak pewnie wiesz, w Internecie można zobaczyć wiele ciekawych doświadczeń fizycznych. Opiszemy tu jedno z nich. Na pierwszym zdjęciu (Rys. a.) eksperymentator pokazuje układ 10 giętkich, połączonych równolegle przewodów, ustawionych pionowo, w których popłynie prąd w tym samym kierunku (w dół). Prąd w przewodach będzie miał duże natężenie, a w kablu doprowadzającym prąd do przewodników natężenie będzie 10-krotnie większe. (Dlatego kable są takie grube.) Zobacz, co się stanie, jeśli włączymy prąd (spójrz na Rys. b.).



Rys. a.



Rys. b.

W tym e-materiale wytłumaczymy ten efekt. Zobaczysz, że nie będzie to trudne.

Twoje cele

W tym e-materiale:

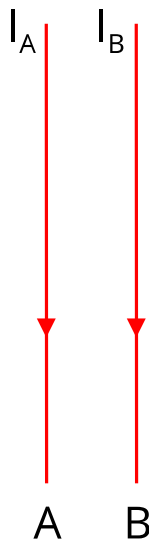
- zrozumiesz, dlaczego przewodniki z prądem oddziałują ze sobą,
- obliczysz wartość siły, z jaką oddziałują przewodniki równoległe,
- zrozumiesz, kiedy siła oddziaływania dwóch przewodników jest przyciągająca, a kiedy odpychająca,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Jak widzieliśmy na Rys. b., przewodniki równoległe, w których prąd płynie w tym samym kierunku, przyciągają się. Spróbujmy zrozumieć, dlaczego tak jest.

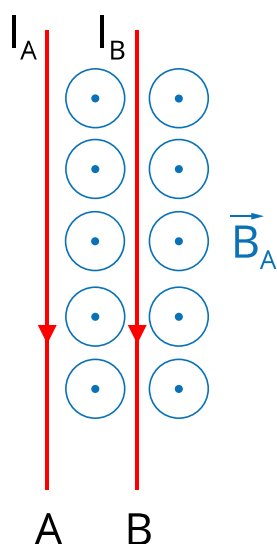
Przyczyna jest prosta: przewodnik z prądem wytwarza **pole magnetyczne**, które działa **siłą elektrodynamiczną** na drugi, znajdujący się obok przewodnik. Na Rys. 1. przedstawiono dwa przewodniki równoległe, leżące w płaszczyźnie rysunku, w których prądy płyną zgodnie.



Rys. 1.

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

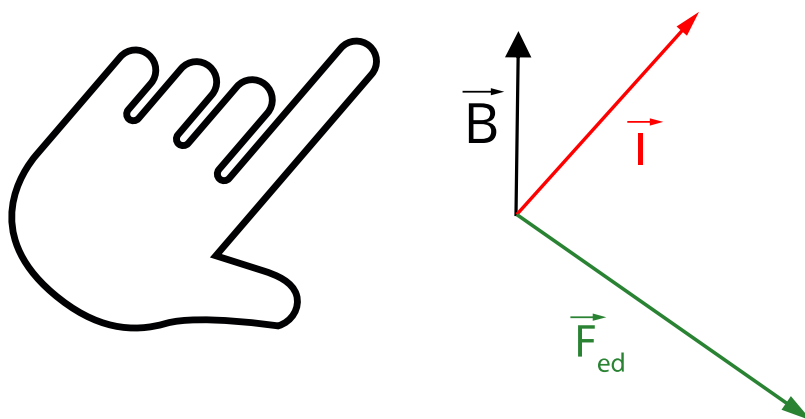
Oba przewodniki z prądem są źródłem **pola magnetycznego**. Zatem każdy z nich znajduje się w zewnętrznym polu magnetycznym swojego „sąsiada”. Rys. 2. przedstawia wektory indukcji pola pochodzącego od przewodnika A w pobliżu przewodnika B.



Rys. 2.

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

Przewodnik B, w którym płynie prąd znajduje się w polu magnetycznym, a więc działa na niego **siła elektrodynamiczna**. Jej kierunek i zwrot wyznaczamy za pomocą reguły śruby prawoskrętnej lub reguły lewej dłoni. Przywołajmy tutaj tę drugą, przedstawioną na Rys. 3.

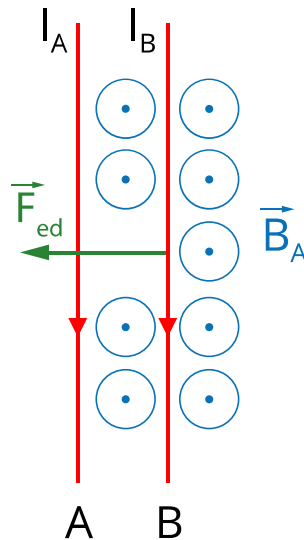


Rys. 3.

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

Jeśli lewą dłoń skierujemy czterema palcami wzdłuż przewodnika w kierunku przepływającego prądu, a **linie pola magnetycznego** będą „wchodziły” w dłoń, to kciuk pokaże kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej.

Jeśli zastosujemy tę regułę, to okaże się, że siła elektrodynamiczna skierowana jest w stronę przewodnika A (Rys. 4.).



Rys. 4.

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

Zastanówmy się teraz, jak będzie skierowana siła działająca na przewodnik A, który znajduje się przecież w polu magnetycznym wytworzonym przez przewodnik B. Możemy oczywiście powtórzyć całą poprzednią argumentację, ale prościej będzie, jeśli powołamy się na III.

zasadę dynamiki Newtona. Jeśli przewodnik A działa na przewodnik B z pewną siłą $\vec{F}_{ed\ B}$, to przewodnik B działa na A z taką samą siłą co do wartości, ale przeciwnie zwróconą.

$$\vec{F}_{ed\ A} = -\vec{F}_{ed\ B}$$

W naszym przypadku siła działająca na przewodnik A będzie zwrócona w stronę przewodnika B. Będziemy mieli do czynienia z przyciąganiem się przewodników.

Obliczmy teraz wartość tej siły, która będzie działała na fragment przewodnika o długości l . Załóżmy, że odległość między przewodnikami wynosi d .

Wiemy, że indukcja magnetyczna w odległości d od przewodnika prostoliniowego ma wartość $B_A = \frac{\mu_0 I_B}{2\pi d}$, a z kolei wartość **siły elektrodynamicznej** dla przewodnika o długości l i płynącego w nim prądu I_A , gdy przewodnik jest prostopadły do wektorów indukcji magnetycznej wynosi:

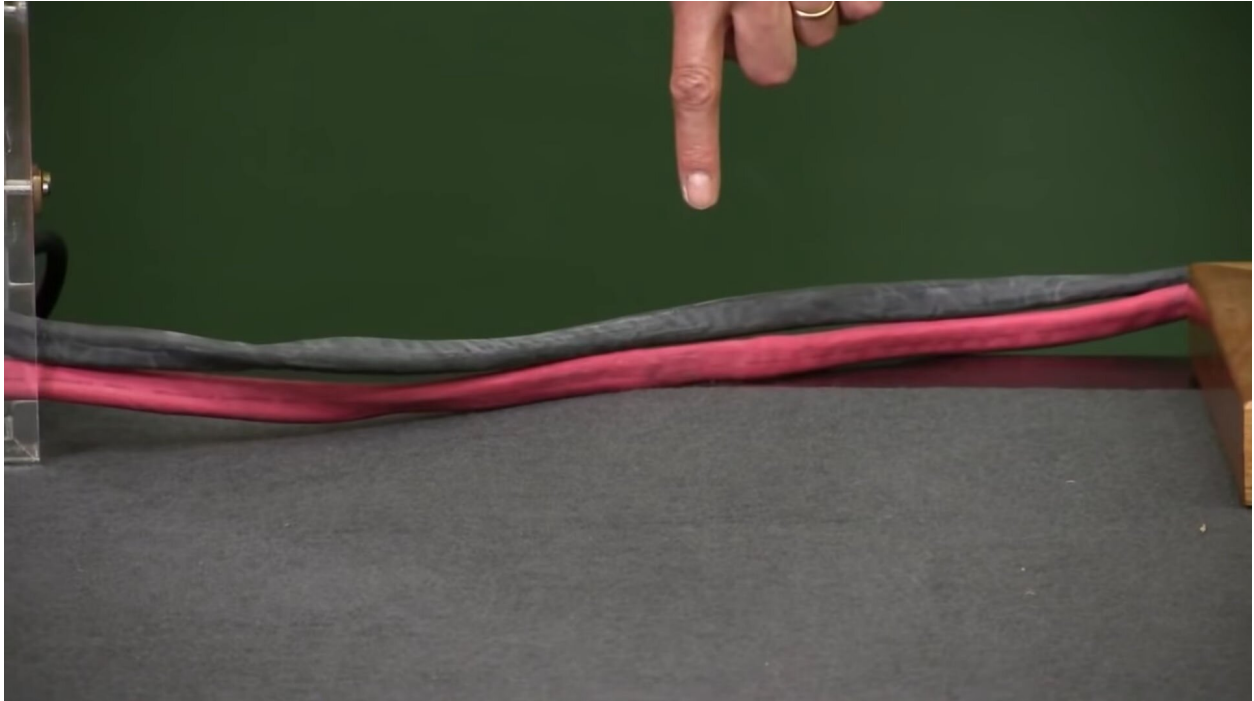
$$F_{ed\ B} = I_B \cdot l \cdot B_A = \frac{\mu_0 I_A I_B \cdot l}{2\pi d} = F_{ed\ A}$$

Należy zwrócić uwagę na symetrię w wyprowadzonej zależności ze względu na prądy. To wyraz III. zasady dynamiki.

Co będzie się działo, gdy prądy będą płynęły przeciwnie względem siebie. Można się domyślać, że tym razem przewodniki będą się odpychały. Nie będziemy przeprowadzać

tutaj dowodu, pozostawimy to studiującym ten materiał.

Przedstawimy za to „dowód” empiryczny. W I. części tego e-materiału opowiedzieliśmy o pewnym doświadczeniu internetowym, na którym pięknie pokazano przyciąganie się przewodników o zgodnych prądach (Rys. a. i b.). Eksperymentator zwrócił następnie uwagę na to, co dzieje się z kablami – doprowadzającym i odprowadzającym prąd. Odpychają się. Można przekonać się o tym spoglądając na Rys. 5a. i 5b.



Rys. 5a.

Źródło: UniServeScienceVIDEO, dostępny w internecie: <https://www.youtube.com/watch?v=ubOTTPD1GL0> [dostęp 15.05.2022 r.], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).



Rys. 5b.

Źródło: UniServeScienceVIDEO, dostępny w internecie: <https://www.youtube.com/watch?v=ubOTTPD1GL0> [dostęp 15.05.2022 r.], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Słownik

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

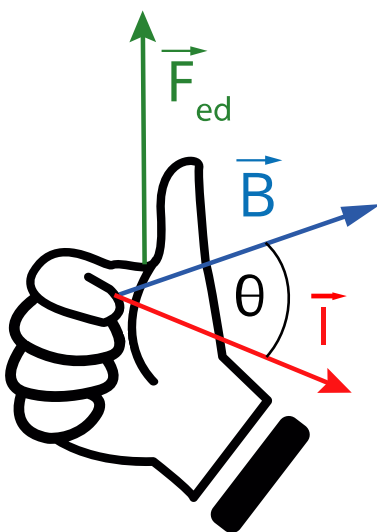
(ang. *magnetic line of induction*) – poglądowy obraz tego pola. Przebieg linii odzwierciedla układ wektorów indukcji magnetycznej $\vec{B}$ w przestrzeni. W każdym, dowolnym punkcie linii pola zaczepiony jest wektor $\vec{B}$, styczny do tej linii.

Siła elektrodynamiczna

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

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

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



Zwrot siły elektrodynamicznej wyznaczamy za pomocą reguły śruby prawoskrętnej, symbolicznie przedstawionej na rysunku, lub reguły lewej dłoni.

Film samouczek

Analizujemy siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych

W samouczku rozwiążemy pewien dość typowy problem związany z tematem omówionym w tym e-materiale. Spróbuj aktywnie korzystać z samouczka, zatrzymywać go i samodzielnie odpowiadać na stawiane w nim pytania.

[Film dostępny na portalu epodreczniki.pl](#)

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Rozważając siły działające na ramkę nie wzięliśmy pod uwagę sił działających między poszczególnymi częściami ramki. Czy słusznie? Co ewentualnie mogłyby te siły spowodować?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłowe uzupełnienie w zdaniach poniżej.

Jeśli w równoległych przewodnikach prądy płyną zgodnie, to przewodniki / się.

Jeśli w równoległych przewodnikach prądy płyną przeciwnie, to przewodniki / się.

Ćwiczenie 2



Do niedawna (do maja 2019 r.) w układzie jednostek SI obowiązywała definicja ampera, która związana była z oddziaływaniem nieskończonych przewodników z prądem. Przewodniki były ustawione w odległości 1 m od siebie i definiowało się natężenie prądu płynącego w obu przewodnikach równe amperowi, poprzez konkretną wartość siły działającej na jeden metr bieżący każdego z przewodników. Oblicz wartość siły, która występowała w definicji ampera.

Odp.: $F =$ $\cdot 10$ N.

Ćwiczenie 3



Zmniejszono trzykrotnie odległość między równoległymi przewodnikami z prądem. Jak zmieni się siła ich oddziaływania?

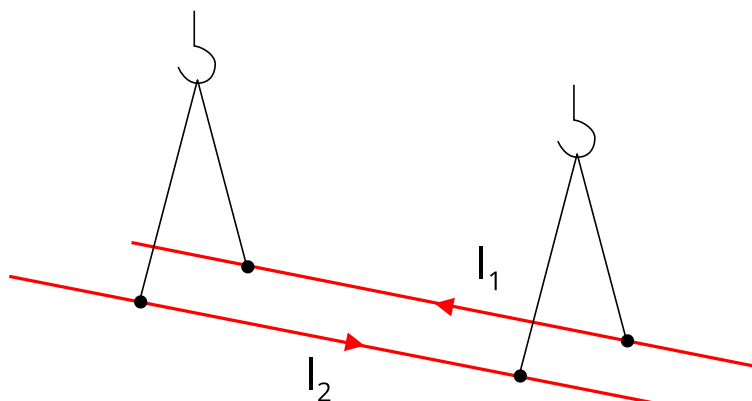
Odp.: Siła oddziaływania razy (wpisz: wzrośnie lub zmaleje).

Ćwiczenie 4



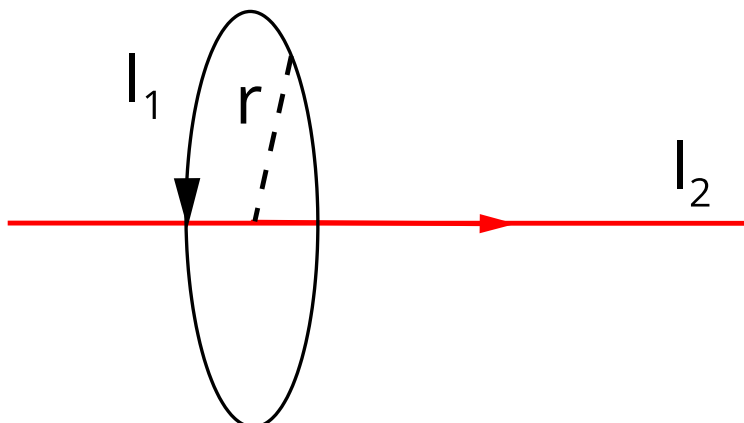
Na rysunku przedstawiono dwa przewodzące identyczne pręty, w których płyną przeciwne prądy. Pręty zawieszone są na nitkach, które odchylają się od pionu pod wpływem siły odpychającej pręty. Początkowo natężenia $I_1 = I_2$ i nitki z zawieszonymi prętami odchylają się o ten sam kąt α ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$). Zmienimy teraz natężenia prądów płynących w prętach. Niech $I_1' = 3I_1$, a $I_2' = \frac{1}{3}I_2$.

Co stanie się z kątami odchylenia nitek? Wybierz poprawną odpowiedź z podanych niżej.



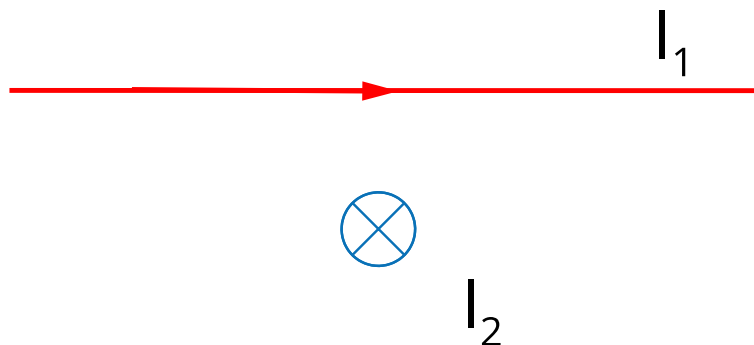
$\alpha'_1 > \alpha'_2$





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

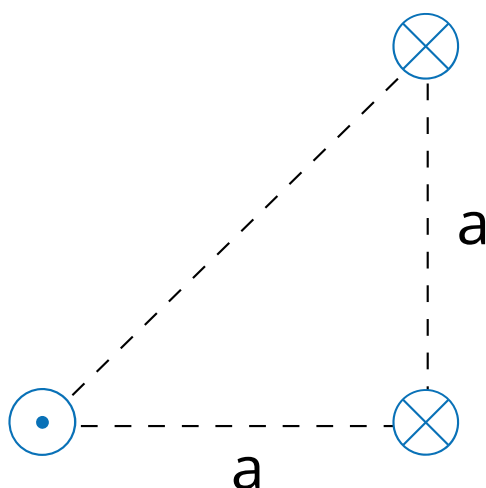
Rysunek przedstawia przewód kołowy z prądem I_1 oraz przewód prostoliniowy, z prądem I_2 , ustawiony prostopadle do płaszczyzny przewodu kołowego i przechodzący przez środek okręgu. Jaka siła będzie działać między tymi przewodnikami?



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

Dane są dwa nieskończone przewodniki, w których płyną prądy, tak jak pokazano to na rysunku – jeden w płaszczyźnie rysunku, drugi prostopadle do niej. Odpowiedz, czy przewodniki te oddziałują ze sobą, czy nie oddziałują?

Odp.: ☐ oddziałują / ☐ nie oddziałują .



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

Trzy długie przewodniki umieszczone są równolegle tak, że przekrój utworzonego układu jest trójkątem prostokątnym, równoramiennym o boku a przy kącie prostym. W każdym przewodniku płynie prąd I prostopadle do płaszczyzny rysunku, w kierunku wskazanym na rysunku.

Wyznacz wartość i kierunek siły działającej na odcinek o długości l dolnego prawego przewodnika.

Ćwiczenie 8



Dwa równoległe, nieskończenie długie przewodniki prostoliniowe, w których płyną zgodnie prądy o natężeniach I_1 i I_2 , umieszczono w tej samej płaszczyźnie, w odległości r . Gdzie należy umieścić trzeci przewodnik i jakie powinno być natężenie płynącego w nim prądu, aby wypadkowa sił działających na ten przewodnik była równa zero. Wyznacz odległość a od pierwszego przewodnika.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Analizujemy siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych
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: 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 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: 6) analizuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; posługuje się definicją ampera.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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. wyjaśni, dlaczego przewodniki z prądem ze sobą oddziałują; 2. obliczy wartość siły, z jaką oddziałują przewodniki równoległe; 3. określi, kiedy siła oddziaływania dwóch przewodników jest przyciągająca, a kiedy odpychająca; 4. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów.
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:	
Nauczyciel pyta uczniów, czy wiedzą, co to jest siła elektrodynamiczna? Uczniowie odpowiadają, że jest to siła działająca na przewodnik z prądem w polu magnetycznym. Następnie nauczyciel stawia problem: Co będzie się działo z luźnymi przewodnikami, gdy ustawimy je równoległe i przepuścimy przez nie prąd w tym samym kierunku? Pokazuje eksperyment w pracowni, albo film na YouTube, ewentualnie zdjęcia, takie jak w części „Czy to nie ciekawe?”.	
Faza realizacyjna:	
Po obejrzeniu eksperymentu lub filmu, uczniowie odpowiadają na postawione pytanie. Nauczyciel zwraca uwagę, że przewodniki z prądem znajdują się w polu magnetycznym wytworzonym przez inne przewodniki. Prosi uczniów o przypomnienie, w jaki sposób wyznacza się kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej. Uczniowie stosują tę wiedzę do wyznaczenia kierunku siły działającej na jeden przewodnik w polu drugiego. Następnie nauczyciel wspólnie z uczniami wyprowadza wyrażenie opisujące wartość tej siły. Uczniowie wspólnie z nauczycielem oglądają samouczek, co można potraktować jako wspólnie rozwiązywane zadanie. Można je rozszerzyć o wyznaczenie wartości siły wypadkowej działającej na ramkę.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie, wykorzystując zdobytą wiedzę, rozwiązują zadania: 4, 5, 6 i 7 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje i kontroluje pracę uczniów. Na podstawie wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

Uczniowie powtarzają i utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań, których nie rozwiązyali na lekcji: 1, 2, 3 i 8.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Samouczek może być też zastosowany jako praca domowa, utrwalająca treści, z którymi uczeń zapoznał się na lekcji.