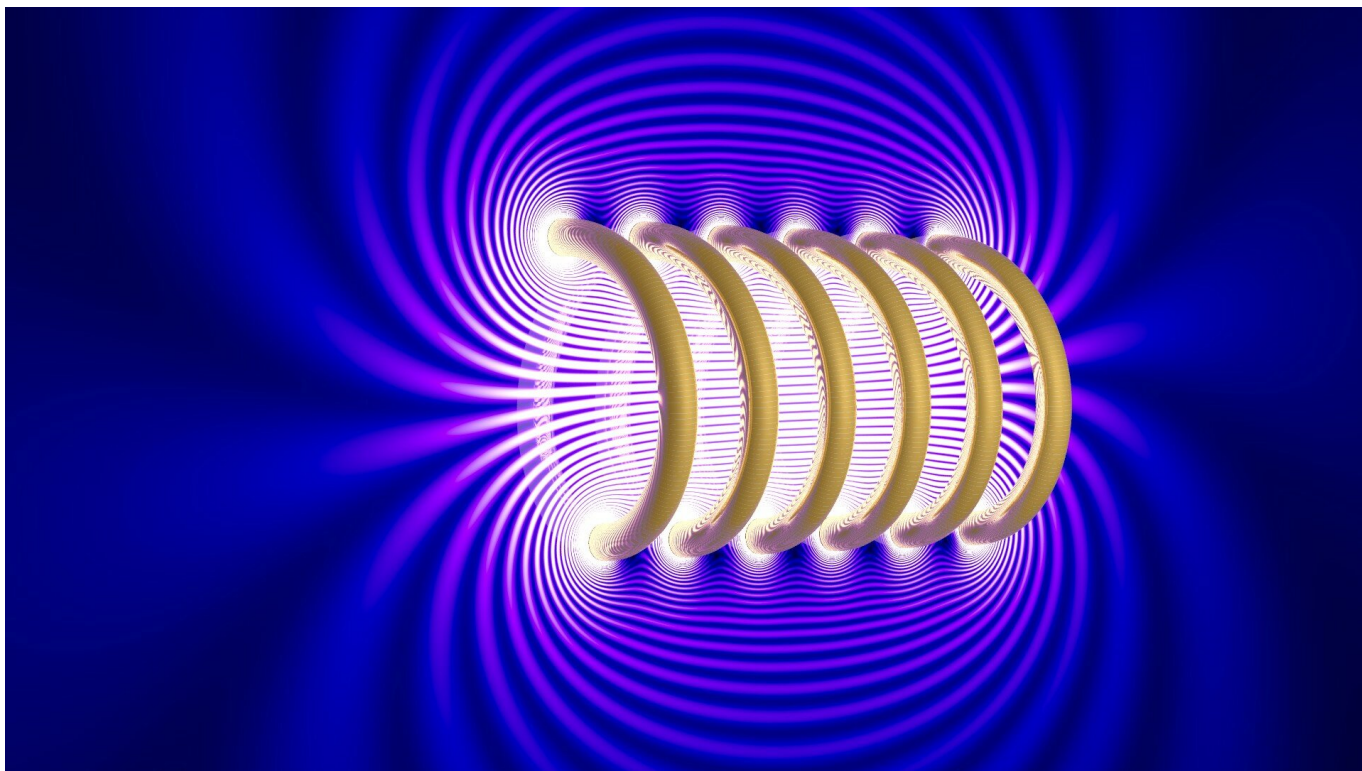
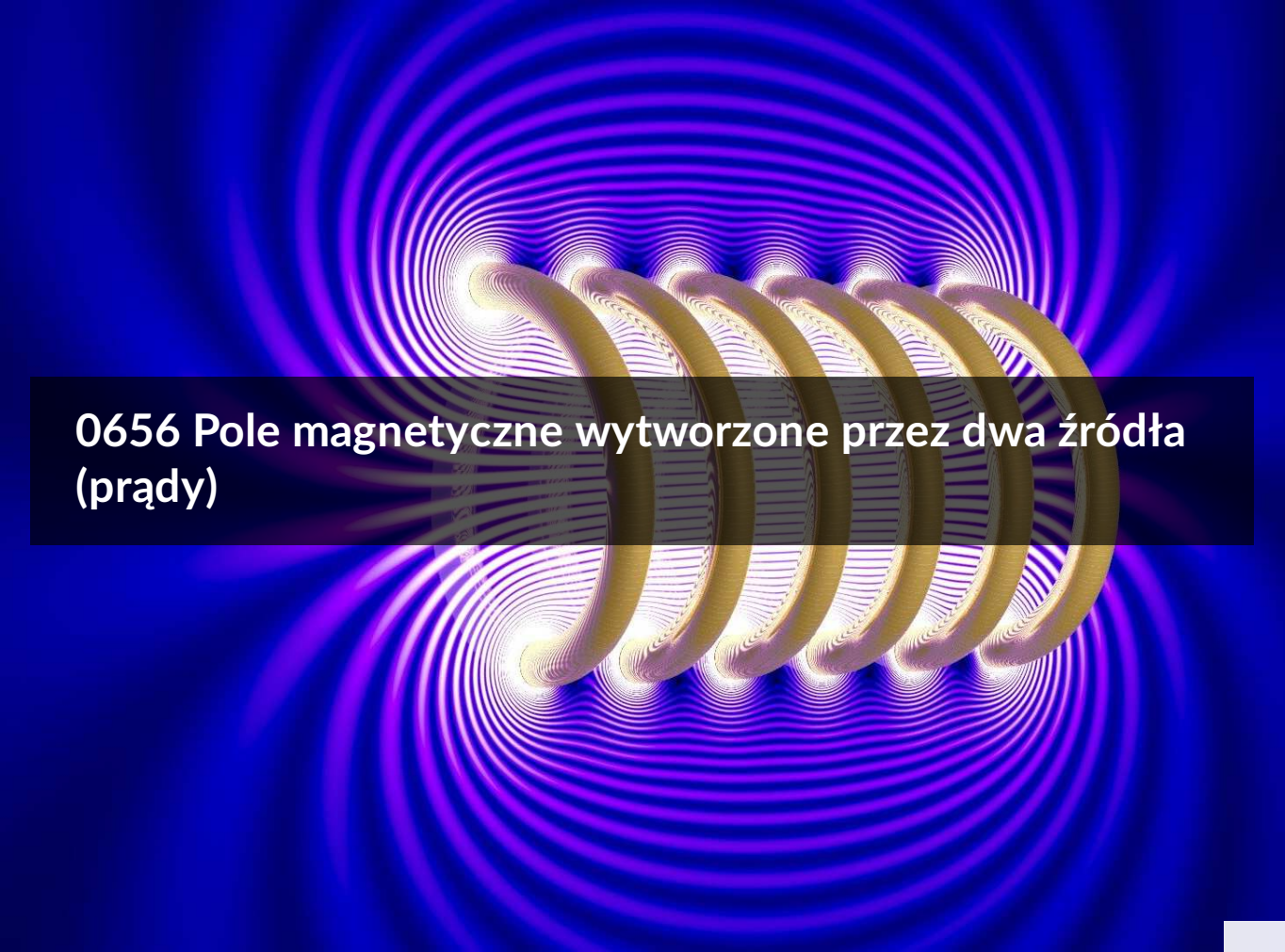




Pole magnetyczne wytworzone przez dwa źródła (prądy)

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

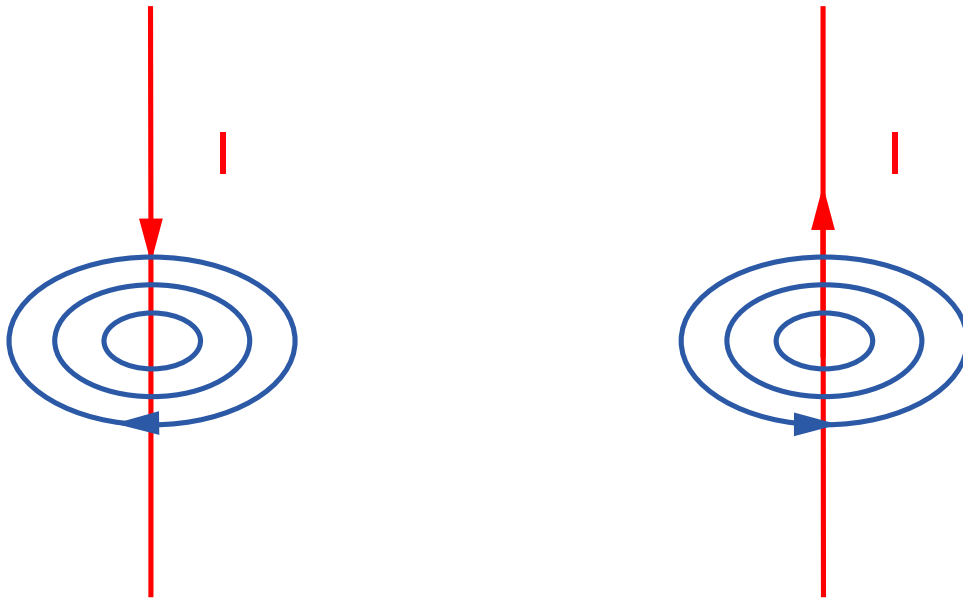


0656 Pole magnetyczne wytworzone przez dwa źródła (prądy)

Czy to nie ciekawe?

Wyobraź sobie, że pracujesz w laboratorium fizycznym. Na stole masz pewien układ eksperymentalny zasilany z akumulatora, który połączony jest z nim za pomocą przewodów. W przewodach płynie prąd, wobec czego wytwarzają one pole magnetyczne, które zakłóca Ci pomiary. Co robić? Jak pozbyć się tego pola?

Otóż dobrym i prostym pomysłem jest skręcenie (lub spięcie) przewodów razem. Płynące w kablach prądy mają przeciwne kierunki i równe natężenia. Wobec tego wytworzone przez prądy pola będą tak samo silne, ale będą miały przeciwne zwroty (zobacz Rys. a.). W sumie, wypadkowe pole magnetyczne będzie praktycznie zniwelowane do zera.



Rys. a. Pole magnetyczne wokół dwóch przewodników z prądem.

Intuicja podpowiada nam takie rozwiązanie, i słusznie. Ale jakie prawo fizyczne za tym stoi? Dowiesz się tego, zapoznając się z tym e-materiałem.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- dowiesz się, co to jest zasada superpozycji pól w odniesieniu do magnetyzmu,
- zastosujesz tę zasadę w układzie z dwoma dowolnymi źródłami pola magnetycznego; w szczególności z dwoma przewodnikami z prądem.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ważnym prawem fizycznym odnoszącym się do wszystkich pól (grawitacyjnego, elektrycznego i magnetycznego) jest **zasada superpozycji pól**. W przypadku pola magnetycznego będzie ona brzmiała następująco:

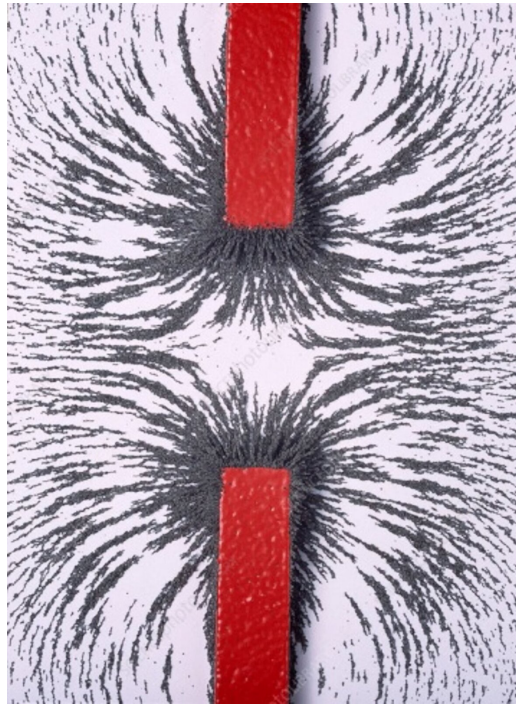
Jeśli mamy kilka dowolnych źródeł pola magnetycznego, to pole magnetyczne wypadkowe, które pochodzi od tego układu źródeł jest sumą pól wytworzonych przez poszczególne źródła.

Wydaje się to dość oczywiste, choć tak naprawdę oczywiste nie jest. O tym za chwilę. Najpierw wyjaśnijmy, co oznacza „suma pól”.

Przypomnijmy: wielkością charakteryzującą pole magnetyczne jest wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$, przypisany każdemu punktowi przestrzeni. Wartość wektora informuje nas o „sile” pola w danym punkcie. Tak więc „suma pól” oznacza **sumę wektorów indukcji magnetycznej** $\vec{B}$ od poszczególnych źródeł wyznaczoną w każdym punkcie przestrzeni. Tak więc, jeśli chcemy obliczyć wypadkowe pole magnetyczne pochodzące od trzech źródeł (może być ich dowolnie dużo) na przykład w punkcie A, to musimy dokonać następującego sumowania:

$$\vec{B}_A = \vec{B}_{1A} + \vec{B}_{2A} + \vec{B}_{3A},$$

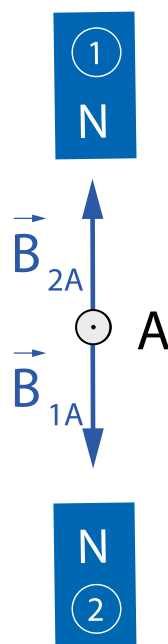
gdzie wektor $\vec{B}_{1A}$ (na przykład) oznacza indukcję magnetyczną, którą daje pierwsze źródło w punkcie A. Zobaczmy, jak to działa na przykładzie dwóch źródeł, którymi są identyczne magnesy sztabkowe ustawione przeciwnymi biegunami do siebie (Rys. 1).



Rys. 1. Pole magnetyczne wokół dwóch magnesów sztabkowych. [źr.: https://media.sciencephoto.com/image/a2300103/800wm/A2300103-Magnetic_repulsion.jpg]

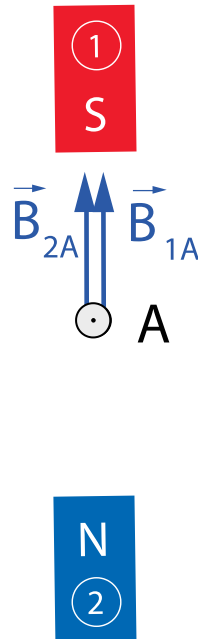
W punkcie A znajdującym się dokładnie pośrodku obszaru pomiędzy magnesami mamy sytuację zilustrowaną na Rys. 2.

Ponieważ $B_{1A} = B_{2A}$ (takie same magnesy i taka sama odległość punktu A od nich), to indukcja magnetyczna w punkcie A wyniesie zero. Ale już w innych punktach obszaru między magnesami tak nie będzie. Analogicznie sytuacja będzie się przedstawiała, gdy do siebie będą zwrócone bieguny S magnesów.



Rys. 2.

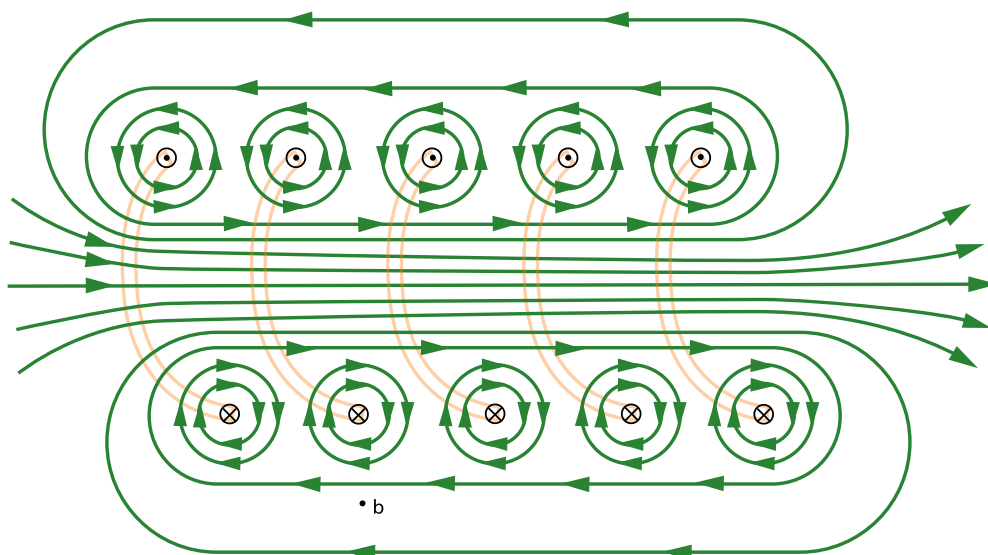
Oczywiście inaczej będzie wyglądało dodawanie wektorów indukcji w punkcie A, gdy magnesy będą ustawione do siebie przeciwnymi biegunami. Wtedy wektory $\vec{B}_{1A}$ i $\vec{B}_{2A}$ będą ustawione zgodnie. W efekcie w punkcie A będziemy mieli do czynienia z dwa razy silniejszym polem niż w przypadku pojedynczego magnesu (zobacz Rys. 3.).



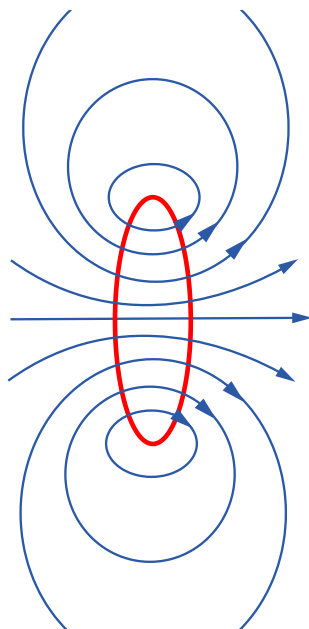
Rys. 3.

Innym przykładem, gdzie widoczne jest działanie zasady superpozycji pól, jest pole wytworzone przez zwojnicę.

Na Rys. 4. pokazano **linię pola**, którego źródłem jest zwojnica złożona z pięciu zwojów przewodnika z prądem, a na Rys. 5. widzimy linie pola pochodzącego od prądu okrężnego. W świetle zasady superpozycji pól staje się jasne, skąd bierze się tu podobieństwo charakteru linii. Wiemy już, że w przypadku zwojnicy mamy do czynienia ze zsumowaniem pól pochodzących od poszczególnych zwojów, w wyniku czego powstaje prawie jednorodne pole wewnątrz zwojnicy.



Rys. 4. Pole magnetyczne w pobliżu zwojnicy.



Rys. 5. Pole magnetyczne w pobliżu kołowego przewodnika z prądem.

Domyślasz się pewnie, że obliczenie indukcji magnetycznej w dowolnym punkcie jako sumy (wektorowej!) indukcji od poszczególnych zwojów jest bardzo trudne i pewnie należałoby rachunek przeprowadzić za pomocą komputera. Nie mniej efekt sumowania jest widoczny, zwłaszcza jeśli spojrzymy na rzeczywisty obraz pola magnetycznego przedstawiony za pomocą żelaznych opiłków, które, jak wiemy, ustawiają się tak, jak igielki magnetyczne – wzdłuż linii pola (Rys. 6.).



Rys. 6. Obraz pola magnetycznego wokół zwojnicy z prądem uzyskany za pomocą żelaznych opiłków.

Wróćmy do „oczywistości” zasady superpozycji pól. To jasne, że sumowanie podsuwa nam intuicja, bo jest to najprostsze, co można by zrobić w sytuacji istnienia wielu źródeł. Ale przecież wcale nie musiało by tak być, że źródła działają od siebie niezależnie. Obecność drugiego źródła mogłaby w jakiś sposób zakłócać działanie źródła pierwszego. Na szczęście nie zauważono istnienia takiej komplikacji. Pozostaje prosta suma wektorów, która i tak okazuje się w realizacji wcale nie taka prosta.

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.

Film samouczek

Pole magnetyczne wytworzone przez dwa źródła (prądy)

W samouczku zrozumiesz lepiej, jak stosuje się zasadę superpozycji pól. Omówimy ją na przykładzie, gdzie źródłami pola magnetycznego będzie układ równoległych nieskończonych przewodników z prądem.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DA4bFz7fI>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w punkcie A leżącym w środku odcinka.

$$B = \boxed{} \cdot 10^{\boxed{}} \text{ T.}$$

Polecenie 2

Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego w punkcie A leżącym w środku odcinka, jeżeli w obu przewodach prąd płynie w tę samą stronę.

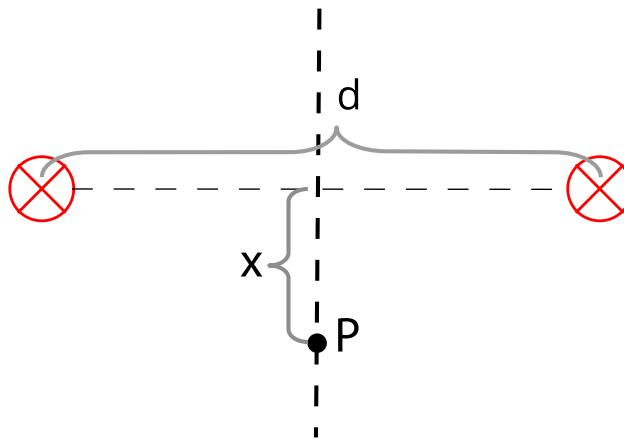
$$B = \boxed{} \text{ T.}$$

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Informacja do ćwiczenia nr 1 i 2:

W dwóch równoległych przewodnikach prostoliniowych płyną prądy zgodnie skierowane o tym samym natężeniu $I = 10$ A. Na rysunku przedstawiono przewodniki w płaszczyźnie do nich prostopadłej. Odległość między przewodnikami d równa jest 10 cm.



Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie.

Wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}_P$ w punkcie P jest do odcinka o długości d i skierowany w .

lewą stronę

przed ekran

prawą stronę

prostopadły

równoległy

za ekran

Ćwiczenie 2



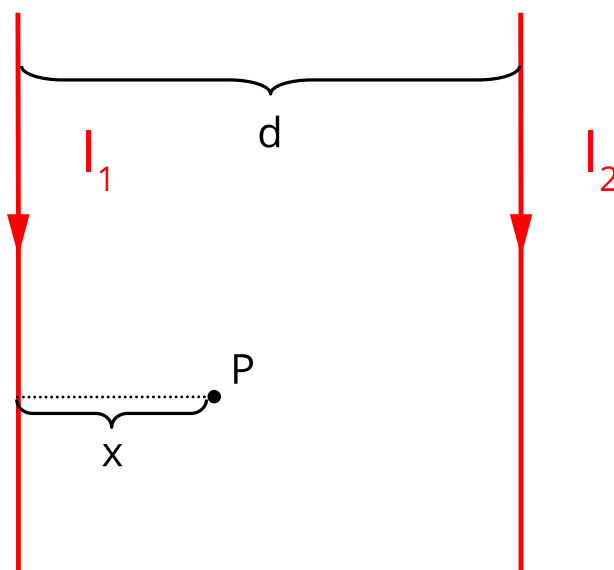
Oblicz wartość wektora indukcji magnetycznej w punkcie P, który znajduje się na symetralnej odcinka o długości d , w odległości $x = 2 \text{ cm}$ od tego odcinka? Wynik obliczeń podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odp.: $B_P =$ $\cdot 10^{-5} \text{ T}.$

Ćwiczenie 3



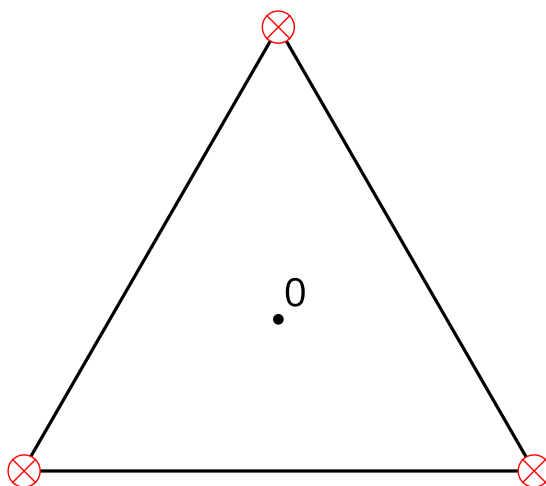
W dwóch równoległych przewodnikach prostoliniowych oddległych od siebie o d płyną prądy zgodnie skierowane o różnych natężeniach: I_1 i I_2 (zobacz rysunek). W pewnym punkcie (nazwijmy go P) położonym pomiędzy przewodnikami indukcja magnetyczna znika. Wyznacz odległość x punktu P od pierwszego przewodnika w zależności od I_1 i I_2 oraz odległości d .



Ćwiczenie 4



Dany jest układ trzech przewodników z prądem płynącym w tym samym kierunku o równych natężeniach $I = 5 \text{ A}$. Znajdują się w tych samych odległościach od siebie $a = 10 \text{ cm}$, czyli leżą w wierzchołkach trójkąta równobocznego (zobacz rysunek przedstawiający układ w płaszczyźnie prostopadłej do przewodników).



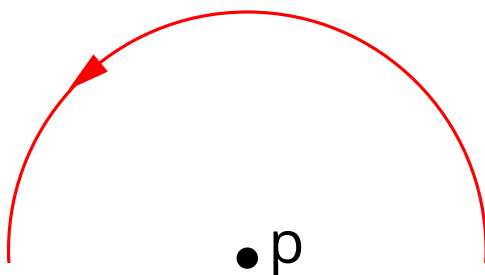
Oblicz wartość indukcji magnetycznej w punkcie O, będącym geometrycznym środkiem trójkąta.

Odp.: $B_O =$ T.

Ćwiczenie 5



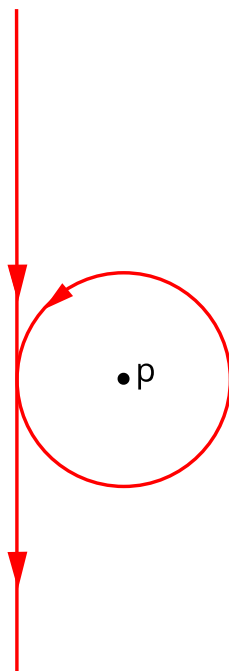
Rysunek przedstawia przewodnik z prądem w kształcie półokręgu o danym promieniu r i natężeniu prądu I . Wyznacz wartość indukcji magnetycznej w punkcie P, który jest środkiem półokręgu, jeśli wiesz, że okrężny prąd dawałby w punkcie P indukcję o wartości $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$.



Ćwiczenie 6



W przewodniku prostoliniowym, który w pewnym miejscu tworzy pętelkę (zobacz rysunek) płynie prąd o natężeniu 10 A. Promień okrężnej pętli wynosi 2 cm. Oblicz wartość indukcji magnetycznej w środkowym punkcie P pętli. Odpowiedź podaj z dokładnością do jednej dziesiętnej tesli.



Odp.: $B_P =$ $\cdot 10^{-4} \text{ T}.$

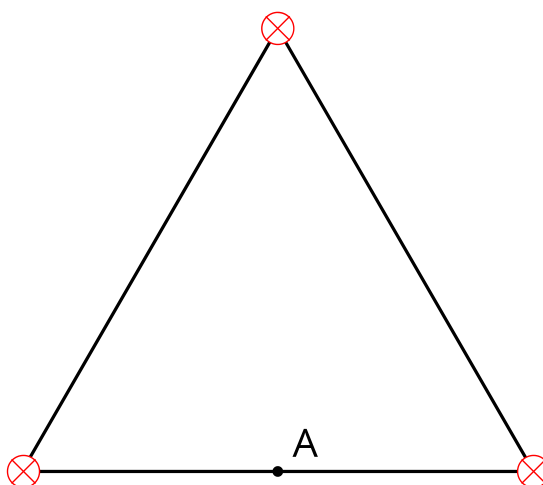
Ćwiczenie 7



Dany jest układ trzech przewodników z prądem płynącym w tym samym kierunku o równych natężeniach $I = 5 \text{ A}$. Znajdują się w tych samych odległościach od siebie $a = 10 \text{ cm}$, czyli leżą w wierzchołkach trójkąta równobocznego (zobacz rysunek przedstawiający układ w płaszczyźnie prostopadłej do przewodników). Wartość indukcji magnetycznej w odległości r od przewodnika prostoliniowego, w którym płynie prąd o natężeniu I wyrażona jest następująco:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Oblicz wartość indukcji magnetycznej w punkcie A, będącym geometrycznym środkiem boku trójkąta. Wynik podaj w mikrotteslach.



☐ $B_A = 4 \mu\text{T}$

☐ $B_A = 16 \mu\text{T}$

☐ $B_A = 12 \mu\text{T}$

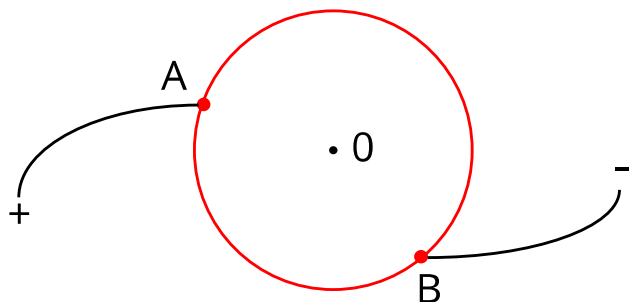
☐ $B_A = 20 \mu\text{T}$

☐ $B_A = 8 \mu\text{T}$

Ćwiczenie 8



Udowodnij, że niezależnie gdzie przyłączysz napięcie do obwodu kołowego pokazanego na rysunku (niezależnie od położenia punktów A i B), indukcja magnetyczna w punkcie O będzie wynosiła zero.



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Pole magnetyczne wytworzone przez dwa źródła (prądy)
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzający zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego
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: 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik; 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 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: 5) stosuje do obliczeń związki wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy.
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. wyjaśni zasadę superpozycji pól w odniesieniu do magnetyzmu, 2. zastosuje tę zasadę, gdy ma do czynienia z dwoma dowolnymi źródłami pola magnetycznego; w szczególności z dwoma przewodnikami z prądem.
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 opowiada o sytuacji mogącej się zdarzyć w pracowni fizycznej, kiedy prąd płynący w przewodach wytwarza pole magnetyczne, które zakłóca pomiary. Dobrym i prostym pomysłem na pozbycie się pola magnetycznego jest skręcenie (lub spięcie) przewodów, w których płyną przeciwne prądy. Nauczyciel pyta uczniów, dlaczego takie postępowanie niweluje pole magnetyczne. Uczniowie z pewnością użyją intuicji, aby stwierdzić, że przeciwnie skierowane wektory indukcji magnetycznej pochodzące od poszczególnych przewodów, w których płyną równe, ale przeciwnie skierowane prądy wzajemnie się zniwelują.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel omawia zasadę superpozycji pól i pokazuje wizualizację sumowania się pól od magnesów albo od poszczególnych zwojów zwojnicy. Stosuje w tym celu metodę opilkową. Może oczywiście posłużyć się zdjęciami zamieszczonymi w części „Warto przeczytać” materiału. W samouczku mamy pokazane rozwiązanie konkretnego problemu sumowania pól magnetycznych pochodzących od dwóch przewodników. Mamy znaleźć wektor indukcji magnetycznej (jego wartość i kierunek) w konkretnym punkcie przestrzeni. Nauczyciel może pracować z uczniami wspólnie wyświetlając samouczek i dodatkowo omawiając trudniejsze kwestie. Może też, przy zdolniejszym zespole klasowym, polecić samodzielne studiowanie samouczka.	
Faza podsumowująca:	

W fazie podsumowującej uczniowie pod kierunkiem nauczyciela powinni rozwiązać zadanie 1, 2 i 8 z zestawu ćwiczeń pokazując uczniom charakterystyczny sposób postępowania przy stosowaniu zasady superpozycji pól.

Praca domowa:

Uczniowie utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań: 3, 4, 5, 6 i 7 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Można wyobrazić sobie jeszcze taką sytuację, że nauczyciel w ogóle nie skorzystał z samouczka podczas lekcji i na przykładzie rozwiązania zadania 1. i 2. pokazał uczniom charakterystyczny sposób postępowania przy stosowaniu zasady superpozycji pól. Wtedy wskazane byłoby, aby uczeń zapoznał się z samouczkiem w domu i próbował „wyprzedzać” z rozumowaniem i obliczeniami lektora. Tak, aby sprawdzić swój poziom umiejętności rozwiązywania podobnego zadania do rozwiązywanego podczas lekcji.