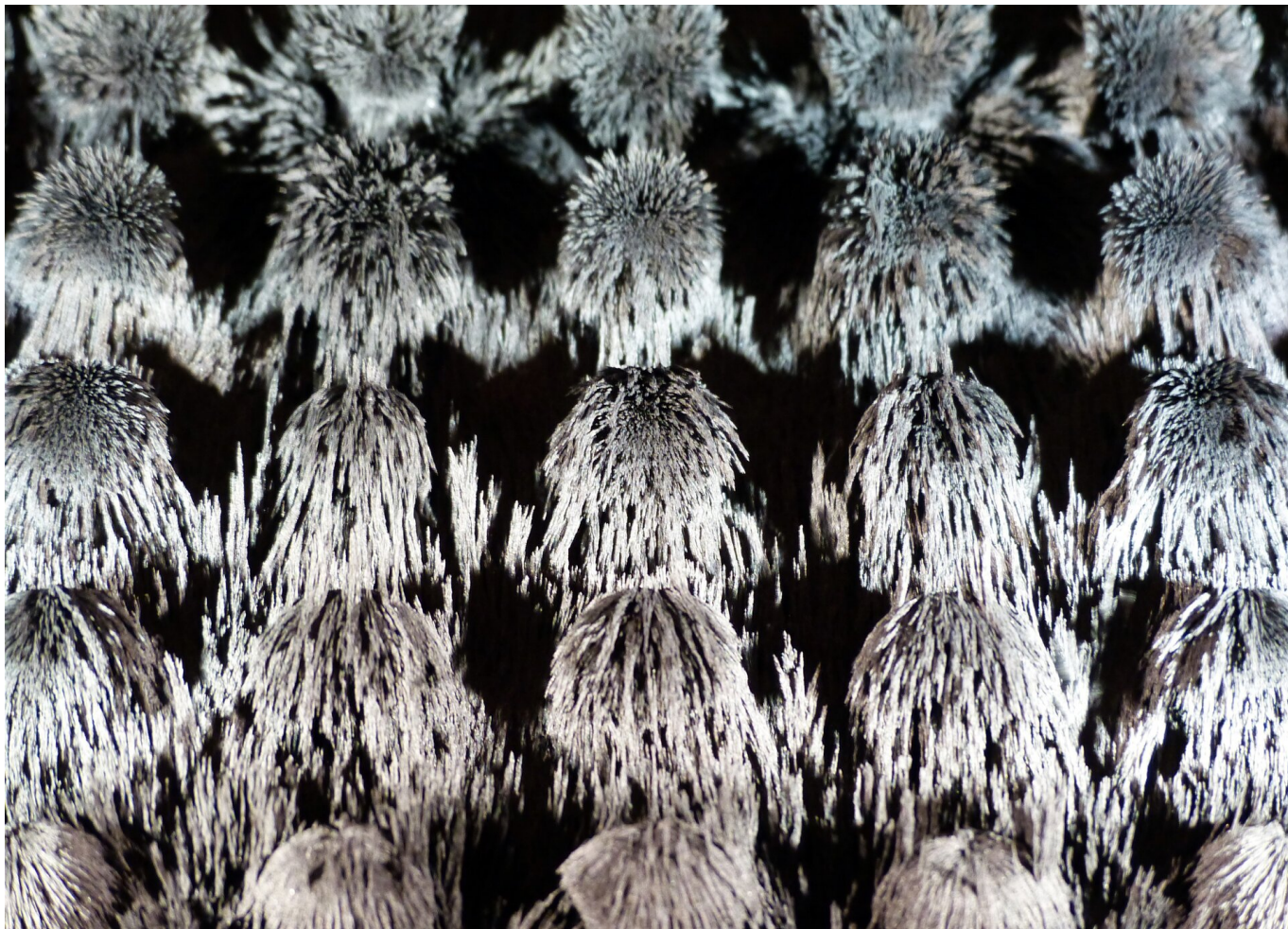




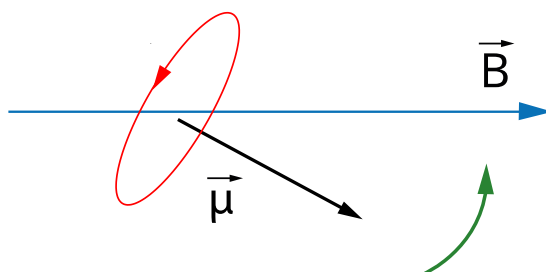
Zachowanie momentu magnetycznego w polu magnetycznym

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

Zachowanie momentu magnetycznego w polu magnetycznym

Czy to nie ciekawe?

Wiesz już z materiału „Co to jest moment magnetyczny?”, że dipol umieszczony w polu magnetycznym poddany jest działaniu momentu siły i taki dipol, gdy dać mu swobodę ruchu, obróci się do położenia równowagi, w którym wektor momentu magnetycznego dipola $\vec{\mu}$ będzie skierowany zgodnie z wektorem indukcji magnetycznej $\vec{B}$ (zobacz Rys. a.).



Rys. a. Dipol magnetyczny w polu magnetycznym.

Przykładem takiego zachowania dipola jest obrót igły magnetycznej w ziemskim polu magnetycznym, albo obrót uzwojenia w silniku elektrycznym.

Ale ciekawe rzeczy dzieją się również z dipolem w niejednorodnym polu magnetycznym. W tym e-materiale będzie o tym mowa. Zostanie wyjaśnione, dlaczego stalowe opiłki są przyciągane przez magnes. A może jest taki rodzaj opiłków, które są odpychane?

Twoje cele

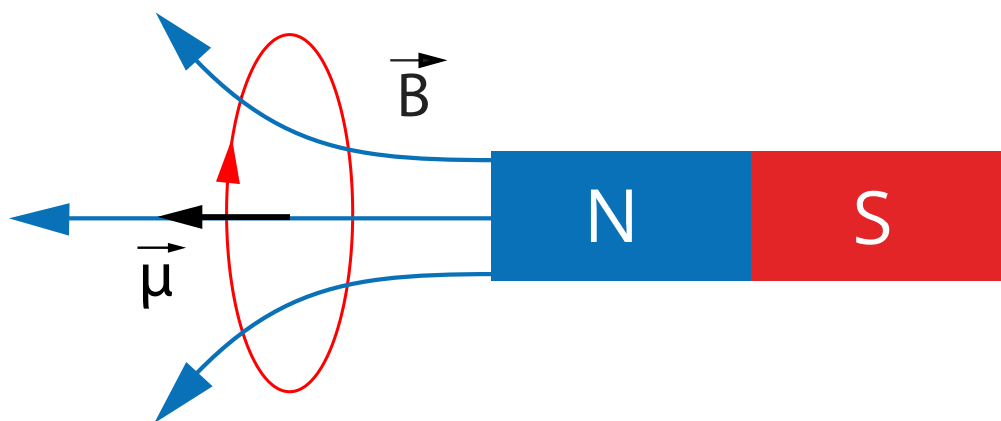
W tym e-materiale:

- zrozumiesz, dlaczego na dipol magnetyczny działa siła w kierunku wektora indukcji magnetycznej,
- zrozumiesz, że wartość siły działającej na dipol zależy od tego, jak duża jest indukcja magnetyczna,
- zrozumiesz, że siła działająca na dipol może wciągać go w obszar silniejszego pola magnetycznego, albo wypychać go z tego obszaru,
- dowiesz się, jak obliczamy energię potencjalną dipola w polu magnetycznym,
- zastosujesz swoją nową wiedzę do rozwiązania problemów i zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

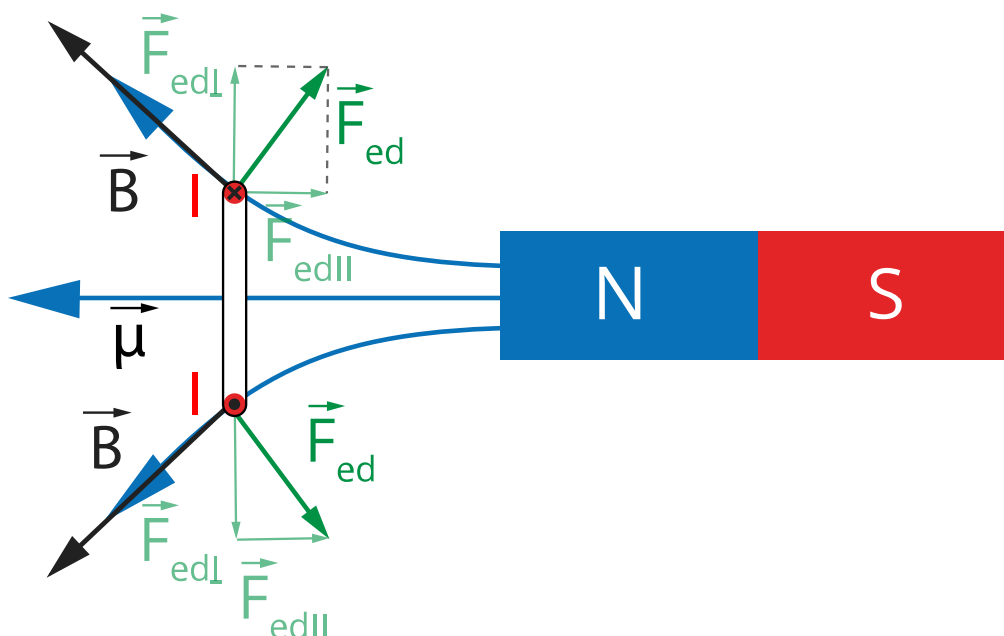
Wyobraźmy sobie dipol magnetyczny w postaci przewodnika kołowego z prądem w niejednorodnym **polu magnetycznym**, na przykład w pobliżu bieguna magnesu. Rozważymy, dla uproszczenia, szczególny przypadek symetrycznego położenia dipola w tym polu (zobacz Rys. 1.). Dipol już wcześniej obrócił się i jest teraz ustawiony w położeniu równowagi, przynajmniej jeśli chodzi o ruch obrotowy.



Rys. 1. Dipol w polu magnesu.

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

Na Rys. 2. jeszcze raz przedstawimy sytuację z Rys. 1., ale w przekroju płaszczyzną przechodzącą przez oś symetrii układu. Zaznaczymy wektory indukcji pola magnetycznego od magnesu i wektory sił elektrodynamicznych działających na przewodnik kołowy z prądem.



Rys. 2. Siły działające na dipol.

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

W „przekrojonym” pierścieniu w jego w górnym fragmencie prąd płynie w głąb rysunku, w dolnym – do nas. **Linie pola magnetycznego** rozbiegają się od magnesu i na rysunku zaznaczone są w miejscu omawianych fragmentów obwodu kołowego z prądem wektory indukcji $\vec{B}$, styczne do linii pola.

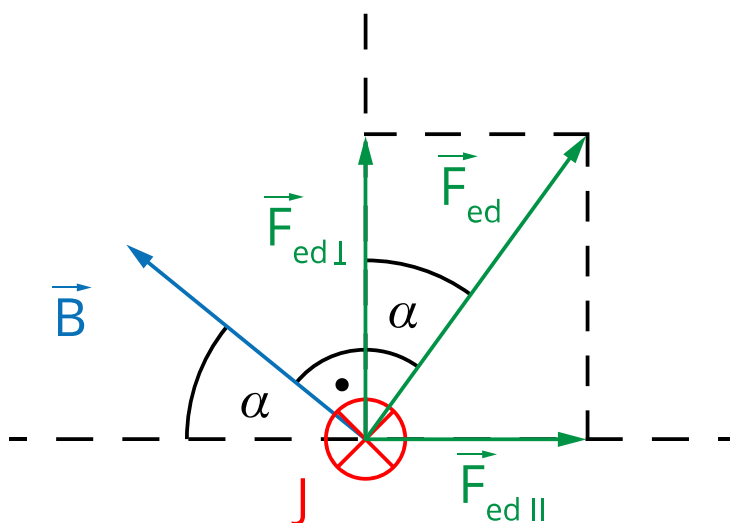
Na górny fragment przewodnika z prądem działa siła elektrodynamiczna $\vec{F}_{ed}$ prostopadła do wektora indukcji $\vec{B}$ i skierowana, zgodnie z regułą śruby prawoskrętnej, jak na rysunku. Analogicznie działa siła elektrodynamiczna na dolny fragment prądu. Siła ta jest symetryczna w stosunku do omówionej. Ma taką samą wartość i tak samo nachylona jest do osi symetrii układu. W związku z tym składowe prostopadłe tych sił (na rysunku $\vec{F}_{ed\perp}$) równoważą się, a składowe równoległe dodają, dając siłę wypadkową skierowaną w stronę magnesu, czyli w stronę silniejszego pola (gdzie linie pola są bardziej zagęszczone). I tak jest dla każdej pary dowolnych naprzeciw siebie leżących fragmentów dipola. Cały dipol jest w związku z tym **przyciągany do magnesu**.

Tak dzieje się zawsze, **gdy moment magnetyczny dipola $\vec{\mu}$ skierowany jest tak samo, jak wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$ w centrum dipola.**

Teraz już chyba wiadomo, dlaczego żelazne opiłki przyciągane są przez magnes. Obecne w ferromagnetyku momenty dipolowe domen magnetycznych obracają się tak, aby ustawić się zgodnie z wektorem indukcji magnetycznej, a następnie działa na nie siła wciągająca, której mechanizm został opisany powyżej.

Okazuje się, co łatwo sprawdzić, że **jeśli moment magnetyczny ustawiony jest przeciwnie do indukcji magnetycznej, to działająca siła wypycha dipol** w stronę słabszego pola magnetycznego. Mamy do czynienia z odpychaniem od bieguna magnesu. To z kolei tłumaczy zachowanie diamagnetyków w niejednorodnym polu magnetycznym. Więcej możesz przeczytać w e-materiale „Diamagnetyki”.

Wróćmy jeszcze do analizowanej sytuacji. Mamy tu do czynienia z ciekawą zależnością. Zauważmy, że dla tego samego dipola (o tym samym natężeniu prądu I i promieniu r) siła przyciągająca będzie zależała od kąta nachylenia wektora $\vec{B}$ do osi symetrii. Spójrz na Rys. 3., na którym został przedstawiony tylko górny wycinek dipola.



Rys. 3. Wycinek górnego fragmentu przekroju z Rys. 2.

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

Widzimy tutaj, że im mniejszy kąt α , tym mniejsza składowa $\vec{F}_{ed\parallel}$. Dla $\alpha = 0$ składowa $\vec{F}_{ed\parallel} = 0$, czyli dipol nie będzie wciągany ani wypychany z pola magnetycznego. No tak – mamy wtedy do czynienia z polem jednorodnym. Można powiedzieć wobec tego, że kąt α jest miarą niejednorodności (rozbieżności linii) pola magnetycznego. Im większy kąt α , tym silniej linie pola się rozbiegają i w konsekwencji siła wypadkowa działająca na dipol ma większą wartość.

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 lines of induction*) – poglądowy obraz pola magnetycznego. Przebieg linii odzwierciedla układ wektorów indukcji magnetycznej $\vec{B}$ w przestrzeni. W każdym punkcie linii pola zaczepiony jest wektor $\vec{B}$ styczny do tej linii.

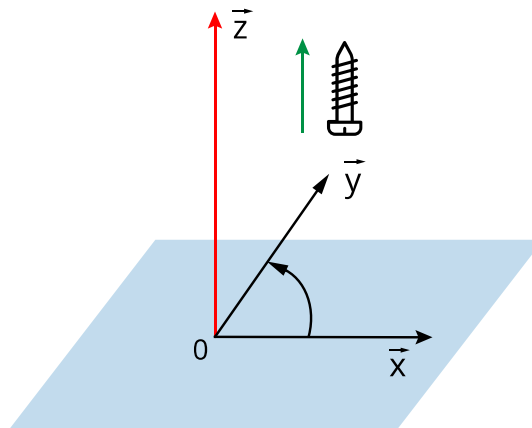
Siła elektrodynamiczna

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

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

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, co pokazano na rysunku. Zwrot iloczynu wektorowego $\vec{x} \times \vec{y}$ wyznacza wektor $\vec{z}$.



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

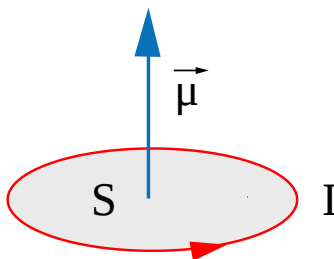
Magnetyczny moment dipolowy

(ang. *magnetic dipole moment*) $\vec{\mu}$ definiuje się przez moment siły $\vec{M}$ działający na niego w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji $\vec{B}$ w następujący sposób: $\vec{M} = \vec{\mu} \times \vec{B}$.

Wektor momentu magnetycznego pętli z prądem $\vec{\mu}$ możemy zapisać jako iloczyn natężenia prądu I i wektora powierzchni $\vec{S}$.

$$\vec{\mu} = I \vec{S}.$$

Kierunek i zwrot wektora $\vec{S}$ definiuje kierunek i zwrot wektora momentu magnetycznego $\vec{\mu}$, co zostało symbolicznie przedstawione na rysunku poniżej.



Film samouczek

Zachowanie się momentu magnetycznego w polu magnetycznym

W samouczku przekonasz się, że dipol w polu magnetycznym ma pewną energię potencjalną i zobaczysz, w jaki sposób obliczamy pracę związaną ze zmianą jego położenia.

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Czy energia dwóch magnesów ustawionych do siebie biegunami jednoimiennymi rośnie w miarę ich zbliżania, czy maleje? Sprawdź, czy wynik Twojego rozumowania wynika z wyrażenia opisującego energię potencjalną dipola w polu magnetycznym.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Poprawnie uzupełnij poniższe zdania.

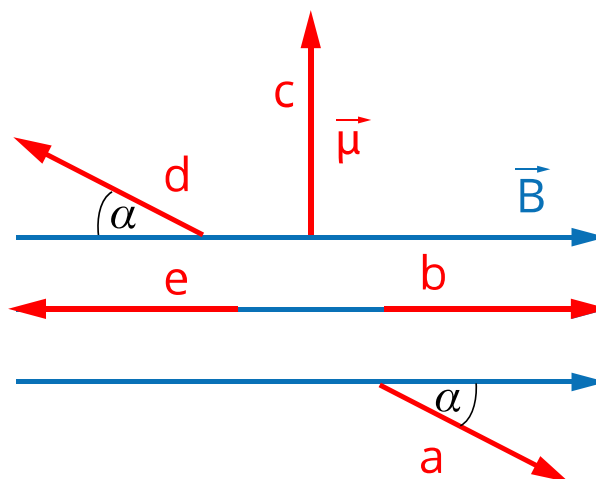
Pewien dipol magnetyczny jest przyciągany przez magnes. Dipol /
 magnes z / / siłą.

Ćwiczenie 2



Poprawnie uzupełnij poniższe zdanie.

Z odpychaniem dwóch dipoli mamy do czynienia wtedy, gdy mają /
 skierowane wektory momentów magnetycznych.



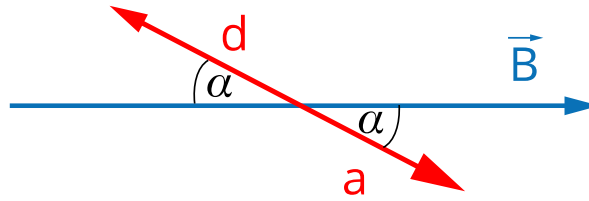
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

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

Na rysunku przedstawiono różnie położone w jednorodnym polu magnetycznym momenty magnetyczne o tej samej wartości (oznaczone są literami alfabetu). Uszereguj je pod względem energii potencjalnej od największej do najmniejszej wartości. Energia potencjalna dipola magnetycznego o momencie magnetycznym $\vec{\mu}$ opisana jest wyrażeniem: $E_p = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$, co równe jest $-\mu B \cos \angle(\vec{\mu}, \vec{B})$.



Ćwiczenie 4



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

Wyznacz pracę, jaką należy wykonać, obracając dipol od położenia „a” do położenia „d”. Dana jest wartość momentu magnetycznego μ , wartość indukcji magnetycznej B oraz kąt α . Wybierz właściwą odpowiedź z listy podanych odpowiedzi:

☐ $-\mu B \cos \alpha$

☐ $-2\mu B \cos \alpha$

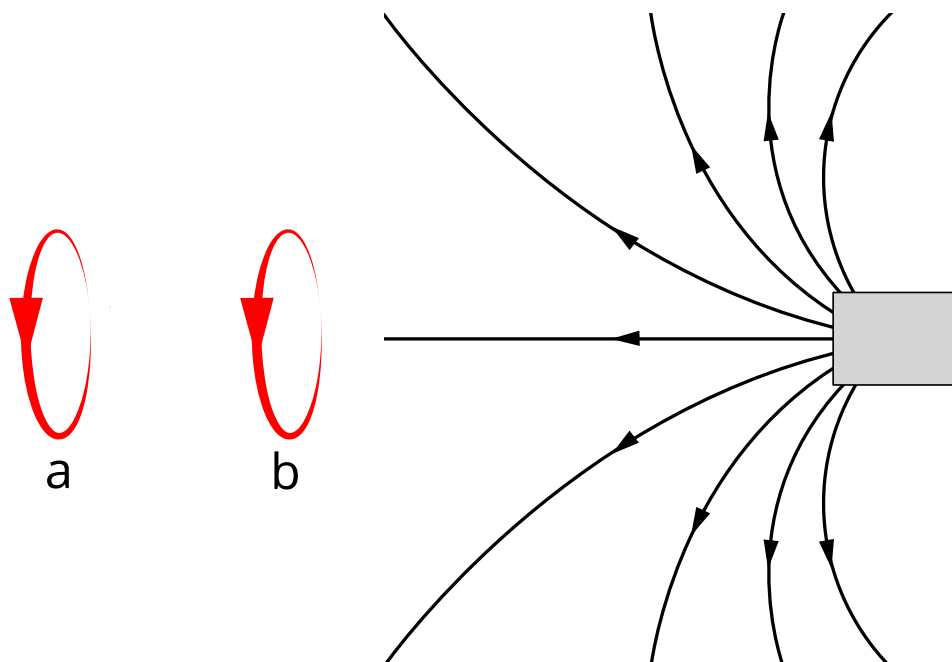
☐ $\mu B \cos \alpha$

☐ $2\mu B \cos \alpha$

Ćwiczenie 5



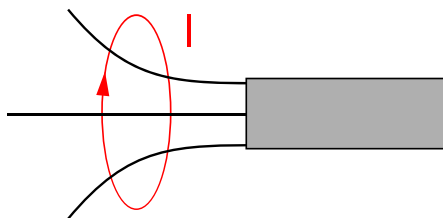
Rysunek przedstawia ten sam dipol magnetyczny w różnych położeniach względem magnesu. W przypadku „a” na dipol będzie działała mniejsza siła ze strony magnesu niż w położeniu „b” gdyż:



- ☐ Kąt rozbieżności wektorów indukcji w położeniu „a” jest większy niż w „b”.
- ☐ Wartość indukcji magnetycznej jest mniejsza w położeniu „a” niż w „b”.
- ☐ Kąt rozbieżności wektorów indukcji w położeniu „a” jest mniejszy niż w „b”.
- ☐ Wartość indukcji magnetycznej jest większa w położeniu „a” niż w „b”.

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

Ćwiczenie 6

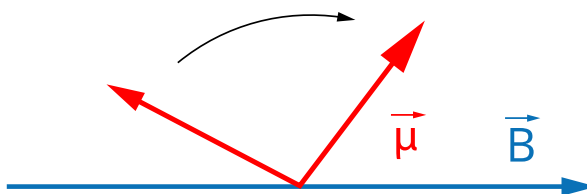


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

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

Na rysunku przedstawiony jest dipol magnetyczny (o momencie magnetycznym skierowanym w lewo) w pobliżu bieguna magnesu. Dipol będzie odpychany od magnesu, jeśli to będzie biegun ☐ północny (N) ☐ / ☐ południowy (S) ☐.

Ćwiczenie 7



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

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

Wybierz poprawną odpowiedź.

Gdy obrócimy obiekt o momencie magnetycznym takim, jak ten przedstawionym na rysunku w postaci czerwonego wektora, zgodnie z kierunkiem strzałki do nowego położenia zaznaczonego na rysunku, to praca wykonana przez pole magnetyczne będzie ☐ dodatnia ☐ / ☐ ujemna ☐ / ☐ równa zero ☐.

Ćwiczenie 8



W kołowym przewodniku o promieniu $r = 15$ cm płynie prąd o natężeniu $I = 2$ A. Przewodnik umieszczono w jednorodnym polu magnetycznym, tak że normalna do jego płaszczyzny tworzy kąt 30° z kierunkiem indukcji o wartości $B = 10$ T. Oblicz moment siły, jaki będzie działał na kółko. Wynik podaj z dokładnością do jednej cyfry znaczącej.

Odp.: $M =$ Nm.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Zachowanie się momentu magnetycznego w polu magnetycznym
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzający zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. IX. Magnetyzm. Uczeń: 4) rysuje siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym; na podstawie tego rysunku omawia zasadę działania silnika elektrycznego.

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. wyjaśnia, dlaczego na dipol magnetyczny działa siła w kierunku wektora indukcji magnetycznej, 2. rozróżnia przypadki, w których siła działająca na dipol będzie wciągała go w obszar silniejszego pola i w których będzie go wypychała z tego obszaru, 3. wyznacza energię potencjalną dipola 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:	
Nauczyciel wraz z uczniami przypomina pojęcie dipola magnetycznego i momentu magnetycznego. Uczniowie powinni już wiedzieć o tym, że dipol magnetyczny obraca się w polu magnetycznym do położenia równowagi trwałej. Zadając pytania nauczyciel sprawdza, czy uczniowie wiedzą, dlaczego dwa magnesy przyciągają się albo odpychają?	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel przedstawia problem dipola w polu niejednorodnym zgodnie z treścią rozdziału „Warto przeczytać”. Z rozważań tam zamieszczonych wynika działanie siły wciągającej dipol w obszar silniejszego pola magnetycznego bądź wypychania z niego, w zależności od ustawienia wektora momentu magnetycznego względem wektora indukcji magnetycznej.

Uczniowie oglądają film samouczek, a nauczyciel odpowiada na wszystkie pytania, które pojawiły się podczas oglądania filmu.

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. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości uczniowie rozwiązują zadania: 1, 2, 3 i 8 z zestawu ćwiczeń.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Samouczek można z powodzeniem zastosować jako element nauczania wyprzedzającego przy realizacji materiału dotyczącego substancji w polu magnetycznym (para-, dia – ferromagnetyzm).