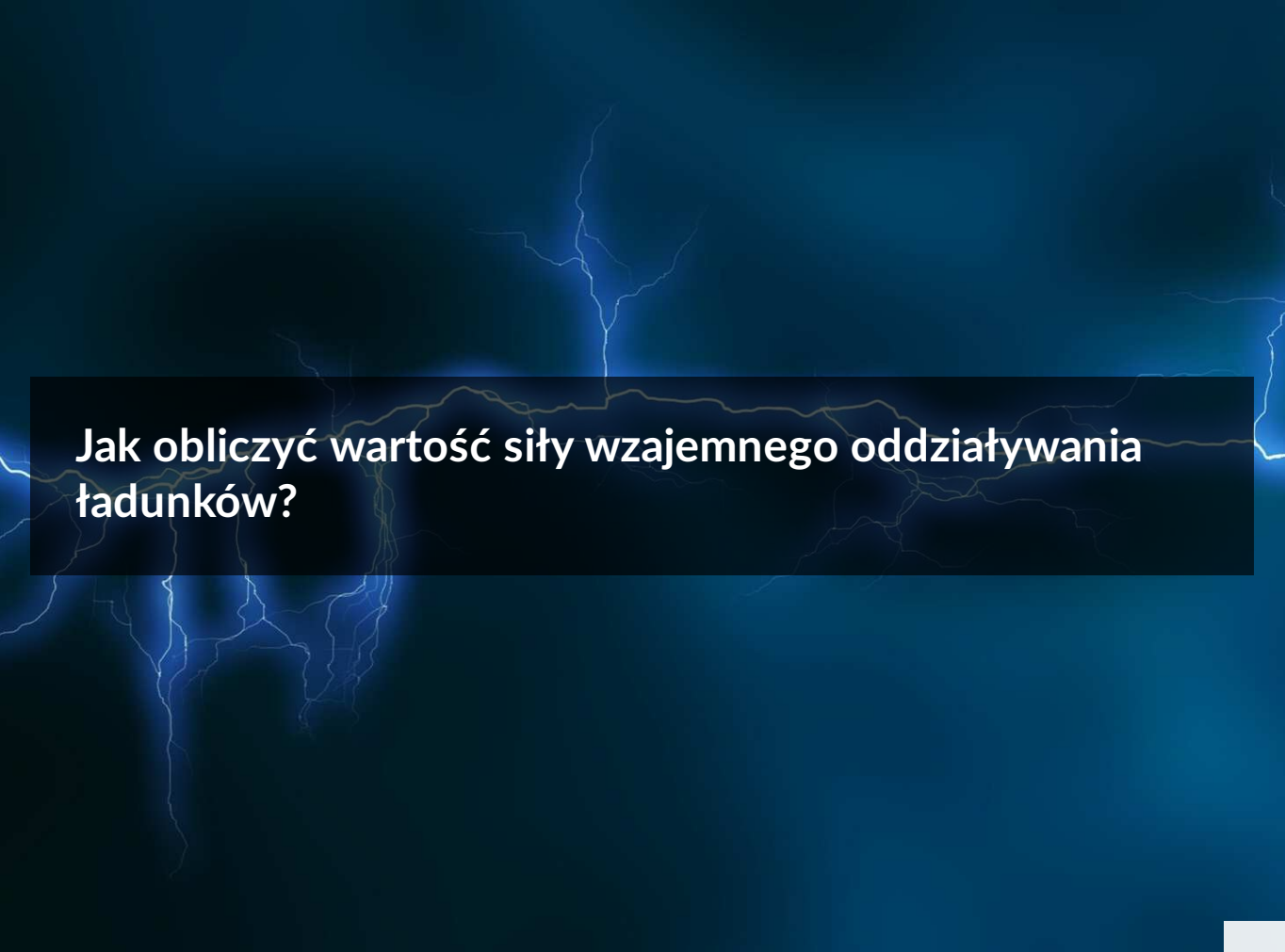




Jak obliczyć wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków?

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



Jak obliczyć wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków?

Czy to nie ciekawe?

Każde dwa obiekty naładowane ładunkiem elektrycznym oddziałują na siebie wzajemnie: odpychają się lub przyciągają. Ale jaką siłą? Z czym można porównać jej wartość? Czy siła odpychania dwóch naelektryzowanych baloników jest większa niż siła przyciągania dwóch jonów w cząsteczce soli kuchennej? Z tego e-materiału dowiesz się, jak obliczyć tę siłę, posługując się prawem Coulomba.

Twoje cele

- Dowiesz się, do czego można wykorzystać prawo Coulomba,
- Zastosujesz prawo Coulomba do obliczenia siły wzajemnego oddziaływania dwóch ładunków,
- Przeanalizujesz zjawiska w przyrodzie, do których opisu można wykorzystać prawo Coulomba.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wartość siły wzajemnego oddziaływania między dwoma **ładunkami punktowymi** (patrz: słowniczek) można obliczyć, korzystając z prawa Coulomba. Mówi ono, że siła ta jest wprost proporcjonalna do iloczynu wartości bezwzględnych ładunków i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Wyraża się ona wzorem:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

gdzie

- q_1 i q_2 to wartości ładunków,
- r to odległość między ładunkami (zwróć uwagę, że we wzorze r występuje w drugiej potęgze),
- k to stała, która wynosi $8,9875 \cdot 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$ (łatwym do zapamiętania przybliżeniem jest $9 \cdot 10^9 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{C}^2}$).

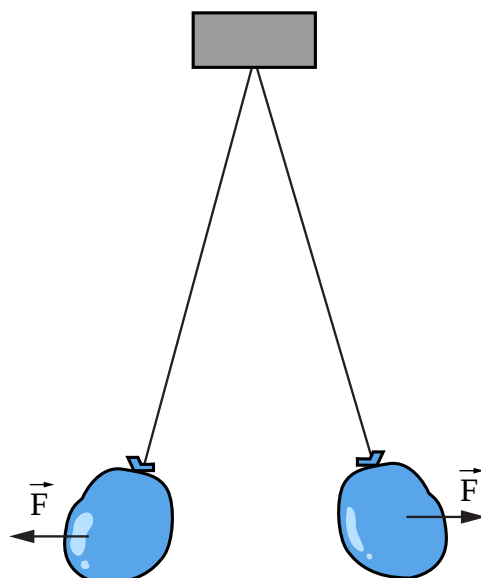
Ważne!

Omawiany wzór można stosować także dla ciał, których nie można traktować jako ładunki punktowe, ale które mają symetrię sferyczną (np. dwie naładowane kule metalowe).

Wykorzystamy teraz prawo Coulomba, aby obliczyć siłę oddziaływania między dwoma balonikami, naładowanymi (na przykład przez pocieranie). Jeżeli zostały one naładowane równomiernie z każdej strony, możemy w przybliżeniu traktować je jako ciała naładowane o symetrii sferycznej. Przy okazji zwrócimy uwagę na kilka trudności, z którymi możesz się spotkać, rozwiązując tego typu zadanie.

Przykład

Dwa baloniki naładowano: jeden z nich ładunkiem $+4 \mu\text{C}$, drugi ładunkiem $+3 \mu\text{C}$, a następnie umieszczono tak, że środki baloników są odległe o 40 cm. Ładunek na balonikach jest rozłożony równomiernie. Oblicz wartość siły ich wzajemnego odpychania.



Rys.1. Dwa baloniki, naładowane ładunkiem o tym samym znaku, odpychają się

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

Rozwiązanie

Aby obliczyć szukaną wartość siły, musimy dane z zadania podstawić do wzoru. Zauważ, że zarówno wartość ładunku zgromadzonego na balonikach, jak i odległość między nimi, są wyrażone za pomocą podwielokrotności jednostek podstawowych ([kulomba](#) i metra). W elektrostatyce mamy z taką sytuacją do czynienia bardzo często, gdyż 1 kulomb odpowiada bardzo dużemu ładunkowi, w porównaniu z tym, który uzyskujemy na przykład elektryzując ciała przez pocieranie w szkolnej pracowni.

Dobłą praktyką, pozwalającą uniknąć błędów przy obliczeniach, jest przeliczenie wszystkich potrzebnych wielkości na jednostki podstawowe i wyrażenie ich w notacji wykładniczej. W ten sposób dane w naszym przykładzie będą przedstawiały się następująco:

Dane

$$q_1 = 4 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C},$$

$$q_2 = 3 \mu\text{C} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C},$$

$$r = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}.$$

Na początku powinniśmy wykonać działania na jednostkach. Jest to dobry sposób by upewnić się, czy rozumujemy poprawnie: jeśli otrzymaną jednostką nie będzie jednostka siły, oznaczać to będzie, że popełniliśmy jakiś błąd (prawdopodobnie skorzystaliśmy z niewłaściwego wzoru).

$$\left[F \right] = \left[k \right] \cdot \frac{[q_1] \cdot [q_2]}{[r]^2} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{\text{C} \cdot \text{C}}{\text{m}^2} = \text{N}.$$

Otrzymujemy jednostkę siły. Upewnia nas to, że wzór jest poprawny, a jednostką wyniku będzie niuton. Po podstawieniu do wzoru danych liczbowych, otrzymujemy:

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(0,4)^2} \text{ N} = \dots$$

Znaki wartości bezwzględnej mogliśmy opuścić, bo obie wartości ładunków są dodatnie. Następnie wykonujemy działania, pamiętając, że warto osobno wykonać działania na potęgach dziesiątki.

$$\dots = \frac{9 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(0,4)^2} \text{ N} = \frac{108}{0,16} \cdot 10^{-3} \text{ N} = 675 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0,675 \text{ N}.$$

Wartość siły odpychania między balonikami jest więc równa 0,675 N. Jest to siła porównywalna z ciężarem balonika, możemy się zatem spodziewać, że efekt działania takiej siły będzie widoczny. Rzeczywiście tak jest, a wartość ładunku rzędu mikrokulombów można uzyskać, elektryzując baloniki przez pocieranie.

Słowniczek

Ładunek punktowy (ang. point charge)

punkt materialny obdarzony ładunkiem elektrycznym. Teoretycznie ładunek punktowy ma nieskończenie małe rozmiary. Jako ładunki punktowe możemy traktować ciała naładowane, których rozmiary są bardzo małe w porównaniu z ich odległością do innych ciał.

Ładunek elementarny (ang. elementary electric charge)

najmniejszy ładunek, jaki mogą mieć samodzielne cząstki elementarne; ma wartość $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ i jest oznaczany literką e . Proton ma ładunek $+e$, elektron $-e$. Każdy ładunek ciała makroskopowego jest całkowitą wielokrotnością ładunku elementarnego.

Kulomb (ang. coulomb)

jednostka ładunku elektrycznego w układzie SI. Symbolem kulomba jest duża litera C. Ładunek o wartości 1 C odpowiada $6,242 \cdot 10^{18}$ ładunkom elementarnym.

Nukleon (ang. nucleon)

nukleonami nazywamy protony i neutrony.

Film samouczek

Jak obliczyć siłę przyciągania między atomami w cząsteczce soli kuchennej?

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Wysłuchaj ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Spróbuj znaleźć w dostępnych źródłach odległość między atomami w innych cząsteczkach jonowych (takich jak np. MgCl_2 , AlCl_3 , Na_2S) i tą samą metodą oblicz siłę przyciągania między nimi. Porównaj ją z siłą obliczoną dla cząsteczki NaCl .

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

We wszystkich zadaniach przyjmij wartość stałej elektrostatycznej $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ oraz wartość ładunku elementarnego $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Ćwiczenie 1



Który z poniższych wzorów pozwala obliczyć siłę wzajemnego oddziaływania między dwoma ładunkami elektrycznymi?

☐ $F = \frac{k|q_1|^2}{r^2}$

☐ $F = \frac{G|m_1||m_2|}{r^2}$

☐ $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$

☐ $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r}$

Ćwiczenie 2



Przy obliczaniu siły oddziaływania elektrostatycznego za pomocą prawa Coulomba, trzeba pamiętać, żeby:

☐ do wzoru podstawić tylko wartość większego z ładunków, a odległość między ładunkami podnieść do kwadratu.☐ do wzoru podstawić wartości bezwzględne ładunków, a wartość stałej k przyjąć równą 1.☐ do wzoru podstawić kwadraty wartości ładunku i wartość bezwzględną odległości między ładunkami.☐ do wzoru podstawić wartości bezwzględne ładunków, a odległość między ładunkami podnieść do kwadratu.

Ćwiczenie 3



Przy korzystaniu z prawa Coulomba warto przeliczyć potrzebne dane na jednostki podstawowe i wyrazić je w notacji wykładniczej. Zrób to z poniższymi wielkościami:

a) $5 \mu\text{C} = 5,0 \cdot 10^n \text{ C}$, $n =$

b) $2 \text{ mC} = 2,0 \cdot 10^n \text{ C}$, $n =$

c) $0,3 \mu\text{C} = 3,0 \cdot 10^n \text{ C}$, $n =$

d) $0,012 \text{ mC} = 1,2 \cdot 10^n \text{ C}$, $n =$

e) $7 \text{ mm} = 7,0 \cdot 10^n \text{ m}$, $n =$

f) $3,5 \text{ cm} = 3,5 \cdot 10^n \text{ m}$, $n =$

g) $0,01 \text{ mm} = 1,0 \cdot 10^n \text{ m}$, $n =$

h) $14,4 \text{ cm} = 1,44 \cdot 10^n \text{ m}$, $n =$

Ćwiczenie 4



Gdy ładujemy elektrycznie kulę, wykonaną z przewodnika, ładunki na niej przemieszczają się do momentu, aż rozłożą się równomiernie na całej powierzchni kuli. Rozkład ładunku na kuli ma więc zawsze symetrię sferyczną i możemy naładowaną kulę przewodzącą traktować jako ładunek punktowy.

Oblicz siłę wzajemnego odpychania dwóch metalowych kulek, które są naładowane ładunkami o wartościach odpowiednio $-1 \mu\text{C}$ oraz $-0,1 \mu\text{C}$ a odległość między ich środkami wynosi 3 cm (kulki są na tyle małe, że nie stykają się ze sobą).

Odpowiedź: Siła wzajemnego odpychania badanych kulek ma wartość N.

Ćwiczenie 5



Atom wodoru można sobie, w dużym uproszczeniu, wyobrażać jako proton, wokół którego po orbicie krąży elektron. Przyjmij, że promień orbity elektronu, tzw. promień Bohra, ma wartość $5,3 \cdot 10^{-11}$ m i oblicz wartość siły wzajemnego przyciągania między protonem i elektronem. Wynik podaj jako ułamek (dziesiętny) mikroniutona z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: Siła wzajemnego przyciągania elektronu i protonu ma wartość

μN .

Ćwiczenie 6



Oblicz wartość siły wzajemnego odpychania dwóch hipotetycznych ładunków punktowych o wartości $+1$ C oddalonych o 1 m. Porównaj obliczoną wartość siły z wartościami podanymi poniżej i wstaw je, przeciągając, w odpowiednie miejsca.

Obliczona wartość siły jest większa niż:

ciężar rakiety kosmicznej

ciężar Piramidy Cheopsa

ciężar słonia afrykańskiego

Obliczona wartość siły jest mniejsza niż:

ciężar 1 dm³ wody

Ćwiczenie 7



Jądra atomowe lekkich pierwiastków mają rozmiary rzędu 10^{-15} m. Oblicz wartość siły odpychania między dwoma protonami, umieszczonymi w takiej odległości od siebie. Jak myślisz, dlaczego mimo działania tej siły, jądro atomowe nie rozpada się?

Ćwiczenie 8



Trzy identyczne ładunki punktowe umocowano w wierzchołkach trójkąta równobocznego. W jaki sposób wartość wypadkowej siły, działającej na każdy z ładunków, wyraża się przez wartość F siły wzajemnego oddziaływania każdej pary ładunków? Wybierz właściwą odpowiedź spośród sugerowanych.

☐ $1,41F$

☐ $2F$

☐ $1,73F$

☐ $\frac{F\sqrt{3}}{2}$

☐ $\frac{F\sqrt{2}}{3}$

☐ $\sqrt{2}F$

☐ $6,28F$

☐ $\sqrt{3}F$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jan Kamiński
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Zastosowanie prawa Coulomba
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: 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności; 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; VI. Elektrostatyka. Uczeń: 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba; Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności; 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; VII. Elektrostatyka. Uczeń: 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków stosując prawo Coulomba.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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. wymienia zastosowania prawa Coulomba. 2. rozwiązuje proste zadania, wykorzystując prawo Coulomba. 3. stosuje wzór z prawa Coulomba do obliczenia siły wzajemnego oddziaływania dwóch ładunków. 4. analizuje zjawiska w przyrodzie, do opisu których można wykorzystać prawo Coulomba.
Strategie nauczania:	odwrocona klasa
Metody nauczania:	oglądanie filmu-samouczka, samodzielne rozwiązywanie zadań, burza mózgów, prezentacja wyników własnej pracy
Formy zajęć:	praca samodzielna w domu, praca w grupach, dyskusja na forum klasy
Środki dydaktyczne:	przygotowane kserokopie zadań z zestawu ćwiczeń
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Przed lekcją uczniowie oglądają film-samouczek. Na początku lekcji nauczyciel pyta uczniów, co z niego zapamiętali. Efektem tej fazy lekcji ma być zapisanie na tablicy wzoru $F=k q_1 q_2 \cdot r^2$ oraz objaśnienie (najlepiej przez samych uczniów), co oznaczają użyte symbole. Dobrze jest z boku tablicy zanotować wartość stałej k.	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie są dzieleni na 4 grupy. Każda grupa dostaje do rozwiązania jedno spośród zadań 4-7 z zestawu ćwiczeń (przy czym w zadaniach 6-7 uczniowie wykonują tylko pierwszą, obliczeniową część zadania). Każde z zadań polega na obliczeniu wartości siły oddziaływania elektrostatycznego dwóch ciał, które można uważać za ładunki punktowe.

Po wykonaniu zadań przez uczniów, z każdej grupy jest wyznaczony uczeń, który zaprezentuje wynik na tablicy. KaŜdorazowo po zaprezentowaniu wyniku, nauczyciel prowadzi z uczniami krótkie omówienie znalezionej wartości:

- W przypadku zadania 4 zwraca uwagę na wielkość jednostki ładunku - kulomba; wskazuje, że zauważalne siły elektryczne pojawiają się już, gdy ciała są naelektryzowane ładunkiem rzędu mikrokulombów.
- W przypadku zadania 5 - na fakt, że pomimo bardzo małej siły, która działa na elektron, odczuwa on efekt przyciągania, gdyż ma jednocześnie bardzo małą masę; wskazuje również na przybliżony charakter użytego w zadaniu modelu atomu.
- Przy omawianiu zadania 6 stara się z uczniami porównać wielkość oddziaływań elektromagnetycznych i grawitacyjnych i zwrócić uwagę na dysproporcję między nimi.
- Przy zadaniu 7 tłumaczy uczniom konieczność występowania sił jądrowych, zgodnie z komentarzem do zadania, które podano w zestawie ćwiczeń.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel z uczniami przypomina, co oznaczają symbole we wzorze na wartość siły oddziaływania między ładunkami.

Praca domowa:

Jako pracę domową uczniowie wykonują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Film-samouczek z niniejszego e-materiału może być wykorzystany także jako materiał pomocniczy do przeprowadzenia samej lekcji – uczniowie oglądają go na pierwszej połowie lekcji, aby na drugiej połowie zastosować zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań. Innym sposobem wykorzystania e-materiału może być użycie go jako pracy domowej bezpośrednio po lekcji na temat prawa Coulomba: uczniowie mają obejrzeć w domu film-samouczek i na tej podstawie rozwiązać jedno spośród zadań 4–8 z zestawu ćwiczeń.