



Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Mapa pojęciowa
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki

Czy to nie ciekawe?

Już starożytni Grecy odkryli, że jeśli potrzymamy bursztyn, przyciąga on suche źdźbła trawy. To właśnie od greckiego słowa bursztyn - gr. ἤλεκτρον - elektron, pochodzi nazwa elementarnej cząstki ujemnej.



Rys. a. Tak zaczęła się droga do ujarznienia elektryczności.

Jednak dopiero w XVI wieku odkryto, że inne materiały mają podobne właściwości, a w XVIII wieku udowodniono istnienie ładunków dwojakiemu rodzaju - ujemnych i dodatnich. Były to początki nauki, którą dziś nazywamy elektrostatyką. W tym materiale podsumujemy najważniejsze wiadomości z tej dziedziny.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- powtórzysz pojęcia z zakresu elektrostatyki;
- określisz sposoby elektryzowania ciał;
- zastosujesz prawa Coulomba i Gaussa w konkretnych sytuacjach fizycznych;
- dowiesz się, czym jest kondensator oraz jakie są jego najważniejsze właściwości;
- poćwiczysz obliczanie pojemności zastępczej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Elektrostatyka jest działem fizyki, który opisuje spoczywające ładunki elektryczne i oddziaływania między nimi.

Wyróżniamy dwa rodzaje ładunków: dodatnie i ujemne. Jeśli ilość ładunków dodatnich i ujemnych w ciele jest taka sama, to mówimy, że ciało jest **elektrycznie obojętne**. Jeśli przeważa jeden rodzaj ładunków to mówimy, że ciało jest **naelektryzowane**.

Wyróżniamy trzy sposoby elektryzowania ciał: **przez pocieranie**, **przez dotyk** – ładunki przepływają między ciałami (ten rodzaj naelektryzowania jest trwały), **przez indukcję** – ładunki przesuwają się w obrębie elektryzowanego ciała (ten rodzaj naelektryzowania **nie** jest trwały).

W zamkniętym układzie całkowity ładunek zawsze jest stały, mówi nam o tym zasada zachowania ładunku. Jednak może być on przenoszony między ciałami w ramach tego układu.

O tym, w jaki sposób oddziałują ze sobą dwa ładunki, mówi nam **prawo Coulomba**:

Siła F działająca między dwoma ładunkami punktowymi q_1 i q_2 znajdującymi się w odległości r od siebie jest proporcjonalna do iloczynu wartości tych ładunków i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi:

$$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

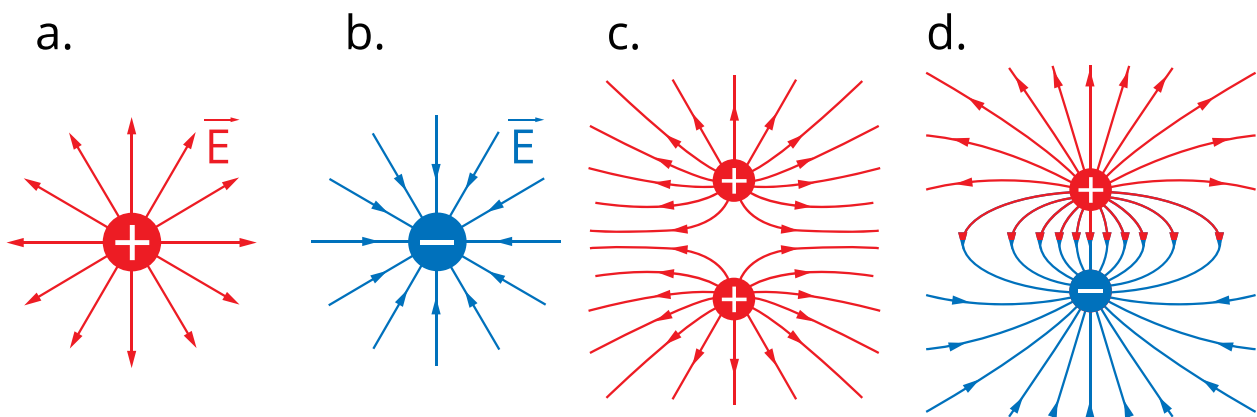
Współczynnik proporcjonalności k w próżni wynosi $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$.

Jeśli ładunki są jednoimienne (tzn. dwa dodatnie lub oba ujemne), to się odpychają, jeśli są różnoimienne, to się przyciągają.

Jeśli na umieszczone w pewnej przestrzeni naładowane ciało działa siła elektrostatyczna, która jest proporcjonalna do ładunku tego ciała, to mówimy, że w tej przestrzeni istnieje **pole elektryczne**.

Pole elektryczne możemy zilustrować graficznie za pomocą linii pola. Zwrot linii pola jest taki, jak zwrot siły działającej na próbnym ładunek dodatni umieszczony w opisywanym polu.

Rozkład linii sił pola wokół ładunku punktowego obrazuje Rys. 1a i 1b, natomiast rozkład linii pola dla dwóch ładunków pokazuje Rys. 1c i 1d.



Rys. 1. Linie pola elektrycznego wokół ładunków punktowych.

Jeśli na pewnym ciele o powierzchni S znajduje się ładunek q , to stosunek ładunku do powierzchni, na której się on znajduje, nazywamy gęstością powierzchniową ładunku i oznaczamy go grecką literą sigma „ σ ”:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

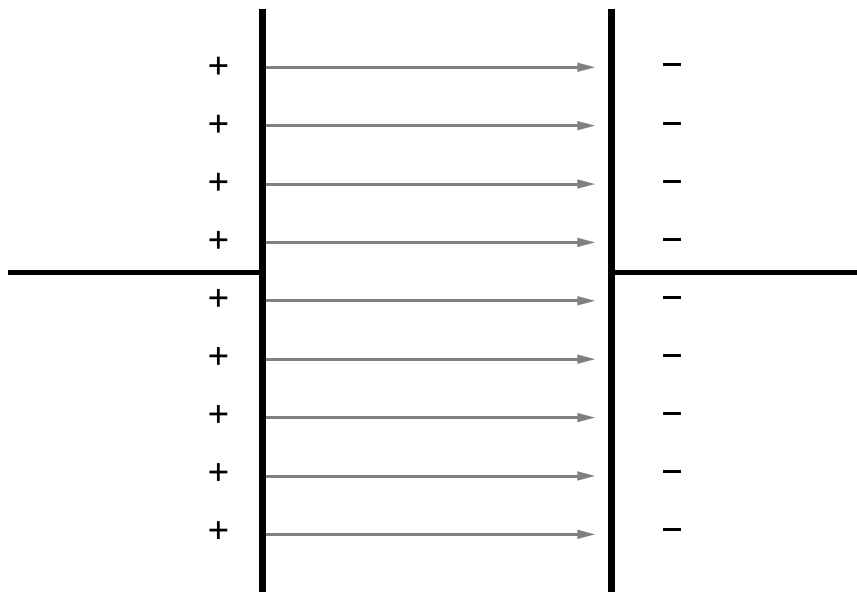
σ - gęstość powierzchniowa ładunku $\left[\frac{C}{m^2}\right]$

q - wartość ładunku elektrycznego [C]

S - pole powierzchni, na której znajduje się ładunek [m^2]

Z punktu widzenia własności elektrycznych ciała możemy podzielić na **przewodniki** – w których ładunki mogą poruszać się swobodnie i **izolatory (dielektryki)** – w których nie jest możliwy swobodny ruch ładunków.

Układ dwóch równoległych płyt przewodzących ustawionych w niewielkiej odległości od siebie tworzy kondensator płaski. Kondensator służy do magazynowania energii. Ładujemy go poprzez naniesienie na okładki ładunków elektrycznych. Na Rys. 2. przedstawiono schemat naładowanego kondensatora płaskiego.



Rys. 2. Schemat naładowanego kondensatora płaskiego.

Część rozszerzona:

- jeżeli na jednostkowy dodatni ładunek próbny działa siła \vec{F} , to iloraz tej siły do wartości ładunku q nazywamy natężeniem pola elektrycznego i oznaczamy go symbolem \vec{E}

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

- Uogólnieniem prawa Coulomba jest prawo Gaussa. Mówi ono, że *strumień* Φ_E natężenia pola elektrycznego \vec{E} przenikający przez powierzchnię zamkniętą

S jest równy sumarycznemu ładunkowi q wewnątrz tej powierzchni podzielonemu przez przenikalność elektryczną próżni ϵ_0 :

$$\Phi_e = \frac{q}{\epsilon_0}.$$

Czyli:

$$\epsilon_0 \cdot \Phi_e = q.$$

- Na Rys. 2. przedstawiającym kondensator, zaznaczono linie sił pola elektrycznego między okładkami. Wartość natężenia pola w kondensatorze płaskim E zależy od różnicy potencjałów na jego okładkach ΔV i odległości między nimi d :

$$\Delta V = E \cdot d.$$

Ważną wielkością fizyczną, charakteryzującą właściwości elektryczne przewodnika jest **pojemność elektryczna**. Oznaczmy ją literą C . Miarą tej wielkości jest stosunek zgromadzonego na przewodniku ładunku q do różnicy potencjałów przewodnika ΔV , jaki ten ładunek wytworzy:

$$C = \frac{q}{\Delta V}.$$

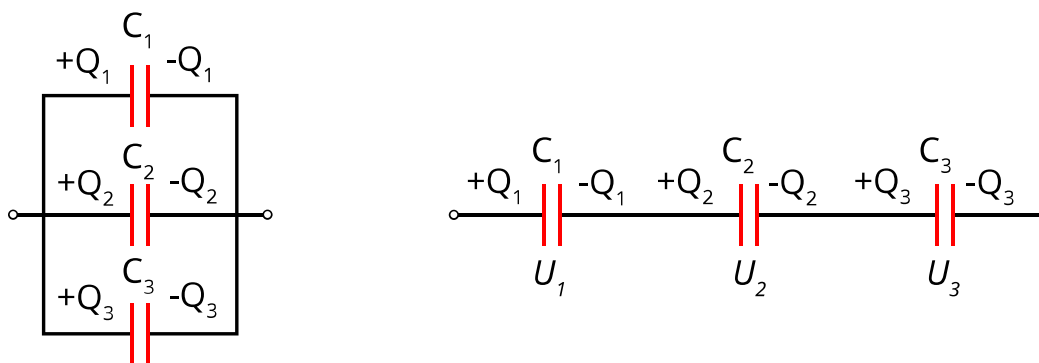
Pojemność elektryczna dotyczy tylko materiałów określanych jako przewodniki. Dla kondensatora płaskiego o powierzchni okładek S i odległości między nimi d , pojemność możemy wyznaczyć także na podstawie jego parametrów geometrycznych.

Korzystając ze wzoru:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d},$$

gdzie ϵ_0 to przenikalność elektryczna próżni ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$), a ϵ_r to przenikalność względna dielektryka (umieszczenie dielektryka między okładkami kondensatora zwiększa jego pojemność), dla powietrza $\epsilon_r \cong 1$.

- Kondensatory możemy łączyć. Aby zwiększyć pojemność układu, kondensatory łączymy równolegle (Rys. 3a), aby zwiększyć napięcie (różnicę potencjałów) kondensatory łączymy szeregowo (Rys. 3b).



Rys. 3. Łączenie kondensatorów.

Aby obliczyć ładunek, różnicę potencjałów i pojemność układu kondensatorów, wyliczamy te parametry dla kondensatora zastępczego (hipotetycznego kondensatora, który mógłby zastąpić badany układ):

	Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
Ładunek zgromadzony na kondensatorze zastępczym Q	$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$	$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$
Różnica potencjałów na kondensatorze zastępczym ΔV	$\Delta V = \sum_{i=1}^n \Delta V_i$	$\Delta V = \Delta V_1 = \dots = \Delta V_n$
Pojemność kondensatora zastępczego C	$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$	$C = \sum_{i=1}^n C_i$

Najważniejsze jednostki:

nazwa	symbol	Co opisuje jednostka	Wyrażona jednostkach podstawowych Si
niuton	N	jednostka siły	$1 N = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1 \text{ s}^2}$
farad	F	Jednostka pojemności	$1 F = \frac{1 C}{1 V}$

nazwa	symbol	Co opisuje jednostka	Wyrażona jednostkach podstawowych Si
wolt	V	jednostka napięcia elektrycznego oraz potencjału elektrycznego	$1V = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{1 \text{ A} \cdot \text{s}^3}$
kulomb	C	jednostka pojemności elektrycznej	$1C = 1 \cdot \text{A} \cdot \text{s}$

Słowniczek

przenikalność elektryczna próżni

(*ang.: vacuum permittivity*) wielkość charakteryzująca właściwości elektryczne próżni. Oznaczamy ją symbolem ϵ_0 . Przenikalność elektryczna próżni ma wartość stałą równą $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12}$ i jest wyrażona w faradach na metr $\frac{F}{m}$.

ładunek próbny

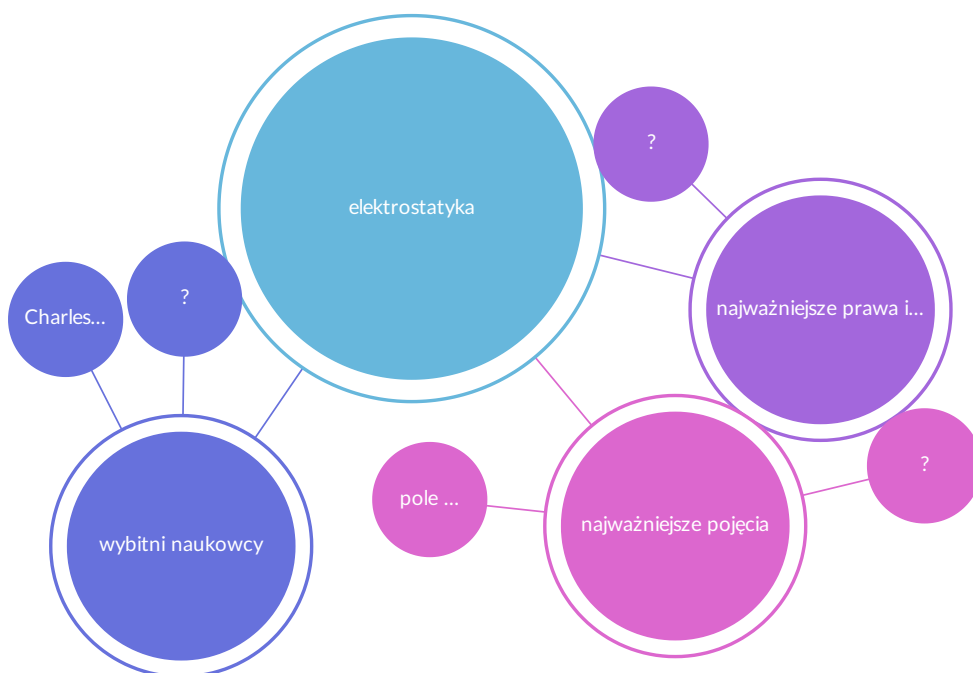
(*ang.: point charge*) ładunek punktowy o znaku dodatnim pozwalający wykryć istnienie pola elektrycznego. Wytwarzane przezeń pole jest zanedbywalnie małe w stosunku do pola wytwarzanego przez inne ładunki.

Mapa pojęciowa

Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki

Polecenie 1

Uzupełnij zaproponowaną poniżej mapę pojęć elektrostatyki. Możesz modyfikować tytuły węzłów dwuklikając na nie, a także dodawać nowe i usuwać niepotrzebne węzły wybierając odpowiednie przyciski.



Polecenie 2

Uporządkuj opisy podstawowych pojęć

przewodniki	materiały, które bardzo słabo przewodzą prąd
elektryzowanie	charakteryzuje przestrzeń, w której na ładunek działa siła elektrostatyczna
pole elektryczne	elementy elektryczne służące do magazynowania energii
kondensatory	to substancje dobrze przewodzące prąd
dielektryki (izolatory)	nanoszenie na ciało (lub jego część) nadmiarowego ładunku
natężenie pola elektrycznego	iloraz siły działającej na ładunek do jego wartości

Polecenie 3

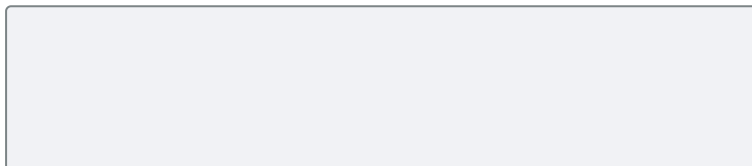
Uporządkuj opisy najważniejszych praw i zasad elektrostatyki.

Zasada zachowania ładunku	definiuje siłę działającą między ładunkami elektrycznymi
Prawo Coulomba	definiuje strumień natężenia pola elektrycznego
Prawo Gaussa	w zamkniętym układzie całkowity ładunek zawsze jest stały

Polecenie 4

Uporządkuj biogramy wybitnych naukowców.

Charles Augustin de Coulomb



Prowadził badania z dziedziny magnetyzmu i elektrostatyki.

Jego nazwiskiem nazywamy prawo wiążące pole elektryczne z jego źródłem.

Carl Friedrich Gauss (Gauß)



Francuski fizyk i uczonek, żył w latach 1736-1806.

Niemiecki matematyk i fizyk, żył w latach 1777 -1855.

Jego nazwiskiem nazywamy prawo opisujące siłę działającą między ładunkami.

Jednostkę ładunku elektrycznego nazwano jego nazwiskiem.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdania wstawiając właściwe słowa.

pole ładunku, naelektryzowane, pole elektryczne, elektrycznie obojętne, pole elektrycznie proporcjonalne, ujemnie naładowane, dodatnio naładowane

Wyróżniamy dwa rodzaje ładunków: dodatnie i ujemne. Jeśli ilość ładunków dodatnich i ujemnych w ciele jest taka sama, to mówimy, że ciało jest . Jeśli przeważa jeden rodzaj ładunków, to mówimy, że ciało jest .

Jeśli na umieszczone w pewnej przestrzeni, naładowane ciało, działa siła elektrostatyczna, która jest proporcjonalna do ładunku tego ciała, to mówimy, że w tej przestrzeni istnieje .

Ćwiczenie 2



Atom wodoru składa się z jednego protonu i jednego elektronu. Oblicz siłę, z jaką te cząstki oddziałują na siebie. Do obliczeń przyjmij, że:

Masa protonu wynosi

Ładunek protonu $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masa elektronu wynosi

Ładunek elektronu $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Odległość między protonem a elektronem $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

Pamiętaj o jednostkach.

Siła, z jaką działają na siebie te cząstki, ma wartość $\cdot 10^{-7} \text{ N}$.

Uzupełnij tekst.

Siła jest skierowana tak, że cząstki się odpychają / przyciągają.

Ćwiczenie 3



Uzupełnij każdy przykład odpowiednim rodzajem elektryzowania.

zabawę, pocieranie, dotyk, indukcję, magnetyzację, ocieplanie

Elektryzowanie przez - chłopiec naelektryzował się zjeżdżając po plastikowej zjeżdżalni.

Elektryzowanie przez - dodatnio naelektryzowaną pałeczką szklaną dotknięto elektrody elektroskopu. Elektroskop naelektryzował się dodatnio.

Elektryzowanie przez - zbliżyliśmy dodatnio naelektryzowaną pałeczkę szklaną do elektroskopu i igła elektroskopu naelektryzowała się ujemnie.

Ćwiczenie 4



Pamiętając, że stała elektryczna k w próżni wynosi $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$, oblicz siłę działającą między dwoma dodatnimi ładunkami punktowymi o wartościach $2 \cdot 10^{-6} C$ znajdującymi się w odległości 1 cm.

- $F = 360$ N.
- $F = 180$ N.
- $F = 45$ N.
- $F = 1800$ N.
- $F = 450$ N.

Uzupełnij tekst.

Siła ta jest skierowana tak, że ładunki się {przyciągają} /{#odpychają}. Gdyby oba ładunki były ujemne, to siła byłaby skierowana tak, że ładunki by się {przyciągały} /{#odpychały}.

Ćwiczenie 5

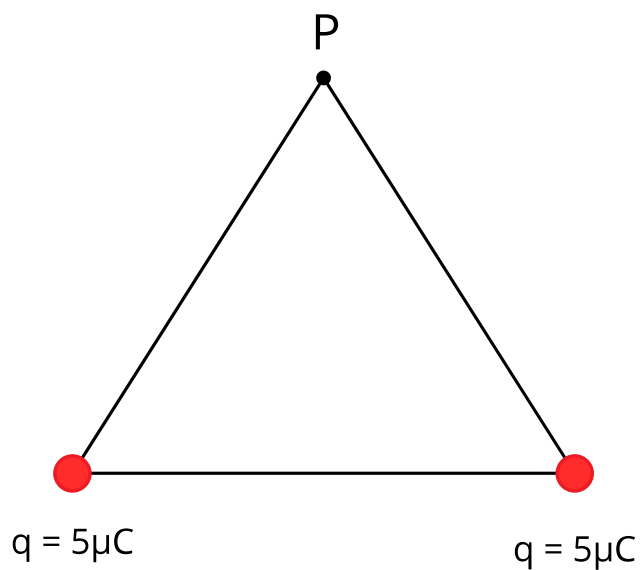


Ćwiczenie 6



W dwóch wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku $a = 2 \text{ m}$ umieszczono punktowe ładunki elektryczne $q = 5 \mu\text{C}$. Oblicz natężenie pola elektrycznego w punkcie P leżącym w trzecim wierzchołku tego trójkąta. Wynik podaj w $\frac{kN}{C}$ w zaokrągleniu do liczb całkowitych.

Przyjmij, że $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$.



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

Ćwiczenie 7

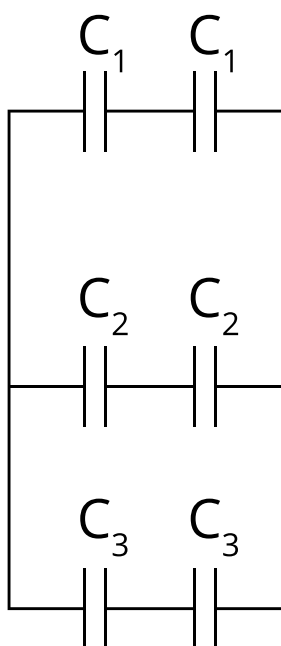


Przyjrzyj się schematowi poniżej i wyznacz pojemność zastępczą wiedząc, że:

$$C_1 = 1 \text{ pF}$$

$$C_2 = 2 \text{ pF}$$

$$C_3 = 3 \text{ pF}$$



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

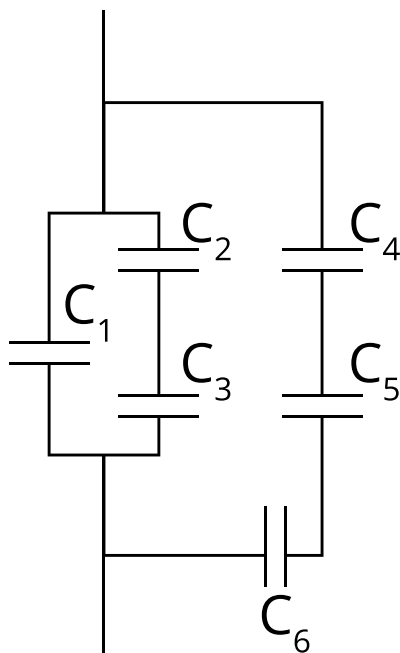
9 pF, 6 pF, 3 pF, 18 pF, 12 pF

Pojemność zastępcza wynosi

Ćwiczenie 8



Poniżej widzisz schemat podłączenia kondensatorów. Oblicz ich pojemność zastępczą wiedząc, że: $C_1 = 0,5 \text{ nF}$, $C_2 = 3 \text{ nF}$, $C_3 = 6 \text{ nF}$, $C_4 = C_5 = 2 \text{ nF}$, $C_6 = 1 \text{ nF}$.



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

Pojemność zastępcza wynosi nF.

Ćwiczenie 9



Łączymy ze sobą równolegle dwa kondensatory o pojemnościach: $C_1 = 1 \text{ nF}$, $C_2 = 2 \text{ nF}$. Jaki ładunek zostanie zgromadzony na każdym z kondensatorów, jeśli wiemy, że napięcie na zaciskach kondensatorów wynosi 1 V ? Jaki będzie ładunek zgromadzony na układzie tych dwóch kondensatorów?

- Na kondensatorze C_1 zostanie zgromadzony ładunek $Q_1 = 1 \text{ nC}$.
- Na kondensatorze C_2 zostanie zgromadzony ładunek $Q_2 = 1 \text{ nC}$.
- W układzie zostanie zgromadzony ładunek $Q_{12} = 3 \text{ nC}$.

Ćwiczenie 10



Oblicz pojemność zastępczą układu dwóch kondensatorów połączonych równolegle wiedząc, że ładunek na pierwszym kondensatorze wynosi $Q_1 = 5 \text{ nC}$, a napięcie na tym kondensatorze wynosi $U_1 = 10 \text{ V}$, oraz wiedząc, że ładunek na drugim kondensatorze jest 10 razy większy niż na pierwszym.

Pojemność zastępcza układu C_{12} wynosi nF.

Ćwiczenie 11



Mamy dwa kondensatory o pojemnościach wynoszących odpowiednio $C_1 = 5 \text{ pF}$, $C_2 = 10 \text{ pF}$. Połączono je szeregowo. Ile wynosi $\frac{U_1}{U_2}$?

9, 10, 5, 3, 2, 7, 6, 4, 8, 1

Stosunek $\frac{U_1}{U_2}$ wynosi

Ćwiczenie 12



Czy potrafisz obliczyć pojemność zastępczą nieskończonej liczby kondensatorów o jednakowej pojemności połączonych równolegle? A szeregowo?

Ćwiczenie 13



Strumień Φ_E natężenia pola elektrycznego \vec{E} przenikający przez sferę S jest równy sumarycznemu ładunkowi q wewnątrz tej powierzchni podzielonemu przez przenikalność elektryczną próżni ϵ_0 .

Jeśli dwukrotnie zwiększymy promień sfery, przez którą przenika strumień, to jego wartość:

- zwiększy się dwukrotnie
- zmniejszy się dwukrotnie
- zwiększy się czterokrotnie
- zmniejszy się czterokrotnie
- pozostanie bez zmian

Ćwiczenie 14



Oblicz wartość strumienia Φ_E natężenia pola elektrycznego \vec{E} przenikającego przez powierzchnię zamkniętą S wiedząc, że wewnątrz tej powierzchni znajduje się tylko jeden elektron. Poniższe wartości mogą ci się przydać:

Wartość ładunku elektronu $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

Masa elektronu

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} = 9,0 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Przenikalność elektryczna próżni $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$

Jak zmieniłaby się wartość strumienia, jeśli wewnątrz tej powierzchni znajdowałyby się dwa elektrony?

Wartość strumienia natężenia pola elektrycznego Φ_E wynosi $\cdot 10^{-8}$ mV.

(Odpowiedź zaokrąglij do dwóch miejsc znaczących).

Jeśli wewnątrz tej powierzchni znajdowałyby się dwa elektrony to wartość strumienia Φ_E natężenia pola elektrycznego {#wzrośnie dwa razy} / {zmniejszy się dwa razy} / {nie zamieni się}.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Podsumowanie wiadomości z elektrostatyki
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i 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>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>VI. Elektrostatyka. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;</p> <p>2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków, stosując prawo Coulomba;</p> <p>3) posługuje się pojęciem pola elektrycznego; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; opisuje pole jednorodne;</p> <p>5) opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne oraz jako urządzenie magazynujące energię.</p>

Zakres rozszerzony**Treści nauczania – wymagania szczegółowe**

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

VII. Elektrostatyka. Uczeń:

- 1) posługuje się zasadą zachowania ładunku;
- 2) oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków stosując prawo Coulomba;
- 3) posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; interpretuje zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne;
- 11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze.

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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> wymienia najważniejsze pojęcia elektrostatyki; podsumowuje najważniejsze wiadomości z zakresu elektrostatyki; rozpoznaje sposoby elektryzowania ciał; analizuje prawo Coulomba i prawo Gaussa; wyjaśnia, czym jest kondensator oraz wykorzystuje jego najważniejsze właściwości.
Strategie nauczania:	blended-learning
Metody nauczania:	nauczanie hybrydowe, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, mapa pojęciowa, długopis, kalkulator
Materiały pomocnicze	-

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca:

Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: czy uczniowie wiedzą, czym jest pole elektryczne, ładunek elektryczny, jakie są sposoby elektryzowania ciał, o czym informuje prawo Coulomba, czym jest kondensator? Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki.

Faza realizacyjna:

Uczniowie samodzielnie czytają tekst „Warto przeczytać”.

Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z punktu „Sprawdź się”.

Nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z tekstem.

Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi.

Uczniowie konstruują mapę pojęciową. Po obejrzeniu mapy myśli, nauczyciel sprawdza ponownie, czy uczniowie mają jakieś pytania z nią związane, klasa wspólnie próbuje odpowiedzieć na pytania, które się pojawiły. Jeśli zajdzie taka potrzeba, uczniowie wracają do wybranego fragmentu tekstu lub mapy.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel dzieli uczniów na dwa lub trzy zespoły. Następnie rysuje na tablicy układ dwóch, trzech lub czterech ładunków (na linii prostej, lub w wierzchołkach odpowiedniego wielokąta foremnego) o jednakowych lub różnych znakach i prosi naprzemiennie każdy z zespołów o narysowanie linii pola elektrycznego w zadanym układzie ładunków (układ linii można zweryfikować np. na stronie https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html). Zespół, który narysuje linie poprawnie, dostaje punkt. Jeśli rysunek będzie błędny, kolejny zespół może go poprawić zdobywając punkt. Wygrywa zespół, który pierwszy dostanie pięć punktów, lub uzyska większą liczbę punktów do dzwonka na przerwę. Nagrodą może być podpowiedź podczas klasówki lub mniejsza ilość zadań do domu.

Praca domowa:

Nauczyciel wcześniej przygotowuje pulę zadań podobnych do zadań z części „Sprawdź się” o zróżnicowanym stopniu trudności. Po przeanalizowaniu wyników testu „Sprawdź się” i uwag uczniów do zadań, nauczyciel wybiera trzy zadania analogiczne do zadań, z którymi uczniowie mieli problemy.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Multimedium może być wykorzystane przez uczniów po lekcji w domu – jako powtórzenie materiału.