



Co nazywamy polem elektrycznym?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Co nazywamy polem elektrycznym?

Czy to nie ciekawe ?

Gdy dwa ciała naładowane dzieli pewien **dystans**, oddziałują na siebie „na **odległość**”. W jakiś niewytłumaczony jeszcze dla nas sposób jedno z ciał „wie” o obecności drugiego i reaguje na tę obecność – obserwujemy efekt działania siły elektrostatycznej. Jak to możliwe, żeby ciała działały na siebie na odległość? A może jest coś, co pośredniczy w tym oddziaływaniu? We współczesnej fizyce niezwykle ważnym pojęciem jest pojęcie pola. Jednym z najważniejszych przykładów pola jest pole elektryczne. Zapoznając się z tym e-materiałem, zdobędziesz intuicyjne zrozumienie tego pojęcia.



Rys. a. Naelektryzowane włosy wskazują linie pola elektrostatycznego

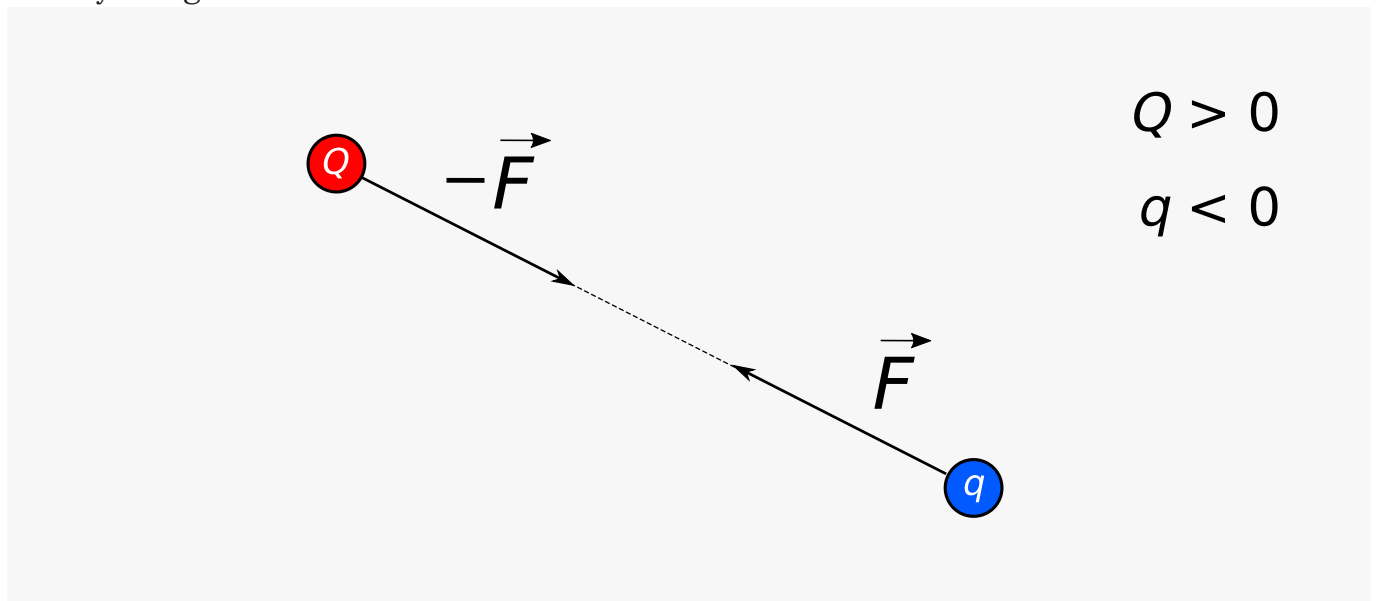
Twoje cele

- dowiesz się, co nazywamy polem elektrycznym,
- wyrobisz sobie intuicję odnośnie pojęcia pola,
- poznasz zastosowanie pojęcia pola elektrycznego,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań i problemów.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Oddziaływanie elektrostatyczne między spoczywającymi ciałami naładowanymi można opisać za pomocą [prawa Coulomba](#). Opis taki będzie opisem kompletnym – z jego pomocą można wyjaśnić każdy aspekt oddziaływania elektrostatycznego między badanymi ciałami (Rys. 1.). Jednakże w wielu sytuacjach stosowanie bezpośrednio prawa Coulomba jest kłopotliwe. Istnieją zjawiska, które łatwiej opisywać i analizować, używając pojęcia pola elektrycznego.



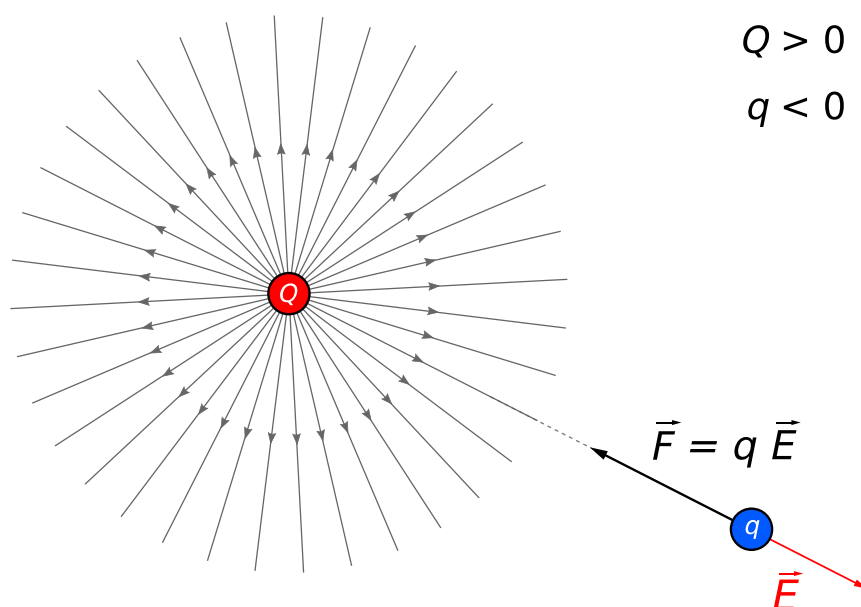
Rys. 1. Przyciąganie elektrostatyczne ciał punktowych naładowanych różnoimiennie. Zgodnie z III zasadą dynamiki, siła, z jaką ładunek Q oddziałuje na ładunek q jest przeciwna do siły, z jaką ładunek q oddziałuje na ładunek Q . Kierunki tych sił pokrywają się z odcinkiem łączącym punkty położenia ładunków.

Wyobraźmy sobie, że mamy układ ciał naładowanych. Mogą to być, na przykład, rozmieszczone w szkolnej pracowni naładowane metalowe kulki lub naładowane balony. Gdy w pobliżu takiego układu umieścimy małą naładowaną kulkę zawieszoną na izolującej nici, „odczuje” ona obecność innych ładunków – będzie przez nie odpychana albo przyciągana przez wypadkową siłę elektrostatyczną (o ile jest ona niezerowa), zgodnie z [prawem Coulomba](#). Można sobie wyobrażać, że w przestrzeni wokół układu ładunków istnieje „coś”, co działa na umieszczoną tam kulkę. O układzie ładunków, który jest przyczyną występowania siły elektrostatycznej, mówimy, że *wytwarza pole elektryczne*. Pole elektryczne to cecha przestrzeni sprawiająca, że występują w niej oddziaływania elektryczne.

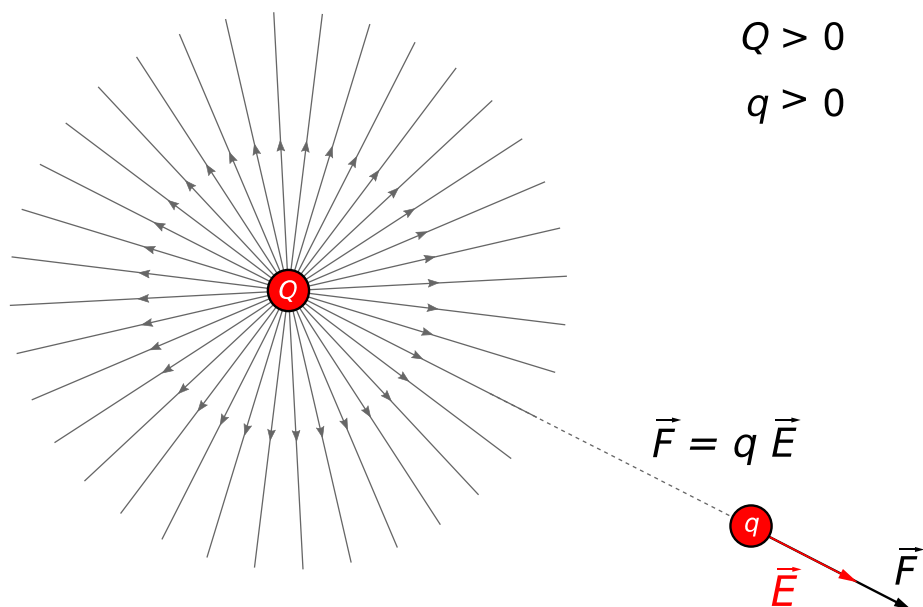
Pojęcie pola jest pojęciem bardzo abstrakcyjnym. O tym, czy w danym miejscu jest pole, czy go nie ma, możemy przekonać się jedynie wtedy, gdy umieścimy tam ładunek próbny i zobaczymy, co się z nim stanie. Jeśli dozna oddziaływania elektrycznego, będzie to oznaczać, że istnieje tam niezerowe pole elektryczne. O polu elektrycznym myślimy jednak

jako o czymś, co istnieje w przestrzeni *niezależnie* od tego, czy rzeczywiście jest tam jakiś ładunek, na który to pole może działać, czy nie. Mimo swej „abstrakcyjności”, pole elektryczne okazuje się pojęciem niezwykle użytecznym i ułatwiającym analizowanie zjawisk, a nawet bardziej „rzeczywistym”, niż to się wydaje na pierwszy rzut oka.

Wielkością charakteryzującą pole jest **natężenie pola elektrycznego**. Ponieważ pole elektryczne jest polem oddziaływań, wielkość ta jest zdefiniowana poprzez siłę. Dla danego pola wektor natężenia ma – w ogólności – różną wartość i kierunek w różnych jego punktach. Natężenie określa, jak duża siła działa na dodatni ładunek jednostkowy umieszczony w tych punktach. Im natężenie pola jest większe (mówi się też, że pole jest silniejsze), tym większa będzie ta siła. Zależność ta jest wprost proporcjonalna, kierunki siły i natężenia są jednakowe, a zgodność zwrotów zależy od znaku ładunku umieszczonego w tym polu (Rys. 2a. i 2b.).



Rys. 2a. Układ z Rys. 1. Rolę źródła pola elektrycznego pełni ładunek Q . Siły działającej na Q nie zaznaczono. Siła działająca na ujemny ładunek q zwrócona jest przeciwnie do wektora natężenia pola.



Rys. 2b. Układ z Rys. 1. z ładunkami jednoimiennymi (dodatnimi). Rolę źródła pola elektrycznego pełni ładunek Q . Siły działającej na Q nie zaznaczono. Siła działająca na ładunek dodatni q zwrócona jest zgodnie z wektorem natężenia pola.

Zwróć uwagę na użyte powyżej określenie: „dodatni ładunek jednostkowy”. Dodatni ładunek, który umieszczamy w przestrzeni, aby stwierdzić istnienie albo brak pola elektrycznego i zbadać jego własności, nazywamy **ładunkiem próbnym**. Czasem umieszczenie gdzieś ładunku próbnego jest jedynie eksperymentem myślowym. Mimo to, ładunek próbny to pojęcie bardzo potrzebne. Po prostu dużo łatwiej wyobrazić sobie pole elektryczne, gdy myślimy o ładunku, na który ono działa. Należy pamiętać, że ładunek próbny jest – zgodnie z przyjętą konwencją – ładunkiem dodatnim. Zakładamy też, że jest on na tyle mały, że nie wpływa na rozkład ładunków – źródeł pola.

Nawet pojedynczy **ładunek punktowy** wytwarza pole elektryczne, co nie jest niespodzianką, jeśli przypomnimy sobie prawo Coulomba – gdy w jego pobliżu umieścimy ładunek próbny, będzie on odpychany lub przyciągany, zależnie od znaku ładunku będącego źródłem pola. Ponieważ ładunek próbny jest ładunkiem dodatnim, odpychanie wystąpi, gdy źródłem pola będzie ładunek dodatni, przyciąganie zaś – gdy ujemny. Oddziaływanie jest silniejsze w pobliżu źródła i słabnie ze wzrostem odległości. Jak daleko „sięga” pole wytwarzane przez **ładunek punktowy**? Teoretycznie rozciąga się ono w nieskończoność. W praktyce przyjmujemy, że pole występuje tam, gdzie siły z nim związane mają istotny wpływ na obiekty, które badamy w danej sytuacji.

Dla zainteresowanych

Natężenie pola elektrostatycznego oznacza się zwykle przez $\vec{E}$. Związek siły (działającej na ładunek próbny q) z natężeniem ma postać

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

Biorąc układ współrzędnych związany z ładunkiem punktowym Q siłę działającą na q wyrażamy z pomocą prawa Coulomba:

$$\vec{F} = k \frac{qQ}{|\vec{r}|^3} \vec{r},$$

wobec tego natężenie wynosi

$$\vec{E} = k \frac{Q}{|\vec{r}|^3} \vec{r}.$$

Uwaga: jeśli źródłem pola jest układ ładunków, np. skończona liczba ładunków punktowych albo naładowany obiekt rozciągliwy, pole może być niezerowe mimo tego, że *całkowity ładunek* układu wynosi zero.

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 i rozmiarami tych ciał.

prawo Coulomba

(*ang.: Coulomb's law*) – Wartość siły wzajemnego oddziaływania dwóch ładunków punktowych jest proporcjonalna do iloczynu ładunków, a odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi.

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

gdzie $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ oznacza stałą elektrostatyczną, a r jest odległością między ładunkami q_1 i q_2 .

Symulacja interaktywna

Pole elektryczne

Polecenie 1

Uruchom symulację i sprawdź, jak zmienia się siła $\vec{F}_A$ działająca na ładunek próbny K, gdy zmieniasz jego położenie w polu pochodzącym od pojedynczego ładunku A. Zbadaj, co się stanie, gdy zmienisz znak ładunku A.

Uwaga. Praca z symulacją jest wygodniejsza po przełączeniu na widok pełnoekranowy.

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

Polecenie 2

Zaznacz pole „uwzględnij drugi ładunek” i obejrzyj, jakie siły działają na ładunek próbny K umieszczony w polu pochodzącym od układu dwóch ładunków A i B o tej samej wartości bezwzględnej. Zastanów się, co oznacza wektor $\vec{F}$ i jaki jest jego związek z wektorami sił $\vec{F}_A$ i $\vec{F}_B$.

Polecenie 3

Zaobserwuj, jak zmiana znaku ładunków A i B generujących pole elektryczne wpływa na wypadkową siłę działającą na ładunek próbny K. Zauważ, że w przypadku, gdy ładunki A i B są różnoimienne, istnieje oś (jest to symetralna odcinka AB łączącego te ładunki), na której siła działająca na ładunek próbny jest równoległa do odcinka AB.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz najlepsze dokończenie definicji: Pole elektryczne to:

- ☐ przestrzeń, w której na ciała naładowane działa siła grawitacji.
- ☐ przestrzeń, w której ciała naładowane mogą na siebie oddziaływać magnetycznie.
- ☐ przestrzeń, w której na ciało naładowane działa siła porównywalna z jego ciężarem.
- ☐ przestrzeń, w której na ciała naładowane działa siła elektrostatyczna.

Ćwiczenie 2



Wybierz poprawne dokończenie zdania: Gdy w polu elektrycznym o niezerowym natężeniu zostanie umieszczona cząstka naładowana, to:

- ☐ nic się nie stanie.
- ☐ pole stopniowo zniknie.
- ☐ będzie działać na nią siła elektrostatyczna.

Ćwiczenie 3



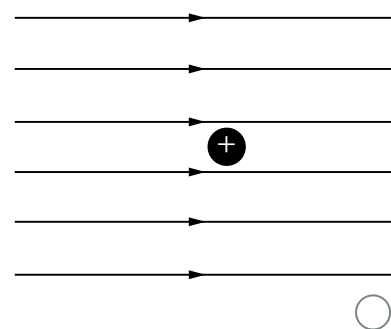
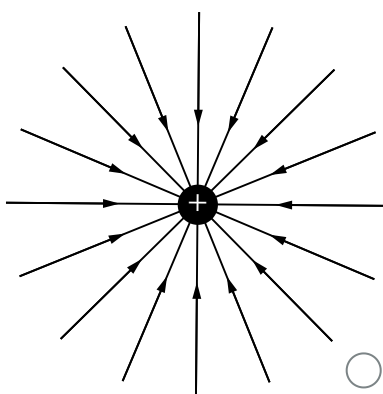
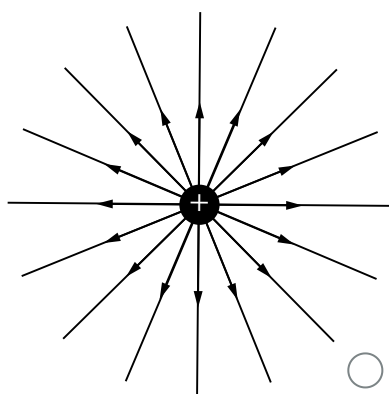
W pobliżu pewnego układu ciał naładowanych na elektron działa pewna siła. Co możemy powiedzieć o sile, która działałaby na proton, umieszczony zamiast elektronu w tym samym miejscu? Wybierz poprawne zdanie.

- ☐ Siła działająca na proton będzie miała tę samą wartość, ale przeciwny zwrot.
- ☐ Siła działająca na proton będzie miała ten sam zwrot i taką samą wartość.
- ☐ Siła działająca na proton będzie miała przeciwny zwrot i większą wartość.
- ☐ Siła działająca na proton będzie miała ten sam zwrot, ale większą wartość.

Ćwiczenie 4



Aby zwizualizować pole elektryczne, można narysować linie pola. Linie pola to linie, do których w każdym punkcie styczny jest wektor natężenia pola. W przypadku pola elektrostatycznego jest to kierunek tożsamy z kierunkiem siły, która w tym punkcie działałaby na umieszczony tam ładunek próbny (pamiętaj, że ładunek próbny to ładunek dodatni). Strzałki na danej linii wskazują zwrot siły. Wybierz rysunek poprawnie przedstawiający pole elektryczne wokół pojedynczego dodatniego ładunku punktowego.



Ćwiczenie 5



Dodatni ładunek punktowy o wartości Q wytwarza wokół siebie pole elektryczne. Przypomnij sobie prawo Coulomba i zastanów się, jak będzie wyglądał wzór na siłę, która będzie działać na dodatni ładunek próbny o wartości q umieszczony w tym polu w odległości r od ładunku-źródła.

☐ $F = k \frac{Q}{r^2}$

☐ $F = k \frac{Qr}{q}$

☐ $F = k \frac{Qq}{r^2}$

☐ $F = \frac{Qq}{r^2}$

Ćwiczenie 6



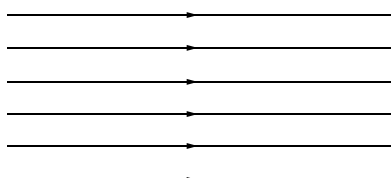
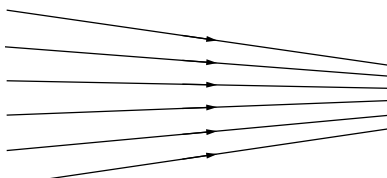
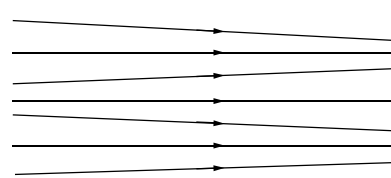
Wartość natężenia pola elektrycznego E jest zdefiniowana wzorem: $E = F/q$, gdzie F to wartość siły elektrostatycznej, która działałaby na ładunek próbny w danym miejscu badanego pola, a q to wartość bezwzględna tego ładunku. Kierunek i zwrot natężenia pola jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły elektrostatycznej. Przypomnij sobie prawo Coulomba i „ułóż” wzór na wartość natężenia pola elektrycznego w odległości r od pojedynczego ładunku punktowego o wartości bezwzględnej Q .

$$E = k \frac{\boxed{}}{\boxed{}}$$

Ćwiczenie 7



Za pomocą linii pola (patrz ćw. 4.) można zilustrować nie tylko kierunek i zwrot natężenia pola elektrycznego, ale także jego wartość. Przyjmuje się, że linie poprowadzone gęściej oznaczają silniejsze pole elektryczne. Zaznacz ten spośród poniższych rysunków, który przedstawia tzw. pole elektryczne jednorodne, czyli takie, którego natężenie jest wszędzie jednakowe.

☐☐☐

Ćwiczenie 8



Uzupełnij luki w tekście tak, aby zdania były poprawne.

Cechą ciała, która sprawia, że ciało wytwarza pole elektryczne jest jego .

Cechą ciała, która sprawia, że ciało wytwarza pole grawitacyjne jest jego . Aby

przekonać się o istnieniu pola elektrycznego w danym punkcie, należy umieścić tam .

Aby przekonać się o istnieniu pola grawitacyjnego w danym punkcie, należy umieścić tam

. są przez pole elektryczne w kierunku źródła pola. są przez pole grawitacyjne w kierunku źródła pola.

odpychane

detektor pola

przyciągane lub odpychane

przyciągane

zapach

ładunek elektryczny

masa

Ciała naładowane

ładunek próbny

masę próbną

Wszystkie ciała

kolor

antenę

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Jan Kamiński
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Co to jest pole elektryczne?
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: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi. VI. Elektrostatyka. Uczeń: 3) posługuje się pojęciem pola elektrycznego; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; opisuje pole jednorodne. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 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.

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. wyjaśnia, co nazywamy polem elektrycznym; 2. na poziomie intuicyjnym charakteryzuje pole elektryczne; 3. wyjaśnia, w jaki sposób można użyć pojęcia pola elektrycznego.
Strategie nauczania	Inquiry-Based Science Education
Metody nauczania	pokazywanie symulacji interaktywnej, burza mózgów, wspólne omawianie hipotez, argumentowanie
Formy zajęć:	dyskusja na forum klasy
Środki dydaktyczne:	rzutnik lub tablica multimedialna
Materiały pomocnicze:	–
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel przypomina uczniom prawo Coulomba. Przede wszystkim zwraca uwagę na jego jakościowy aspekt: ciała naładowane oddziałują na siebie siłą elektrostatyczną; jednak nacisk musi zostać położony na to, że w obecności jednego ciała naładowanego drugie ciało jest przyciągane lub odpychane. Uczniowie powinni wychwycić to, że jedno ciało jest źródłem odpychania lub przyciągania dla drugiego ciała.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyświetla symulację interaktywną z pojedynczym ładunkiem i pyta uczniów, co stanie się z małym ładunkiem umieszczonym w pobliżu. Odbywa się dyskusja z udziałem uczniów.

Uczniowie wraz z nauczycielem dochodzą do konkluzji, że na ładunek będzie działać siła. Następnie ten wniosek jest sprawdzany przy użyciu symulacji.

Nauczyciel zadaje uczniom kolejne pytania, odbywa się dyskusja i uczniowie formułują wnioski, których słuszność bądź nie jest sprawdzana za pomocą symulacji:

- Co się stanie, gdy znak ładunku źródłowego zmienimy na przeciwny?
- Co się stanie, gdy źródłem będą dwa ładunki o takim samym znaku?
- Co się stanie, gdy źródłem będą dwa ładunki o różnych znakach?

Faza podsumowująca:

Nauczyciel wprowadza pojęcie pola. Tłumaczy uczniom, że ładunki wytwarzają wokół siebie pole, które z kolei oddziałuje na inne ładunki, które w tym polu umieścimy. Definiuje pole jako przestrzeń, w której zachodzą oddziaływania elektryczne.

Praca domowa:

Uczniowie zapoznają się z tekstem e-materiału i rozwiązują zadanie 4 (poziom podstawowy) lub 4 i 5 (poziom rozszerzony) z części „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Symulację interaktywną, poza przedstawioną propozycją, można wykorzystać jako pracę domową zadaną przed lekcją na temat pola elektrycznego.