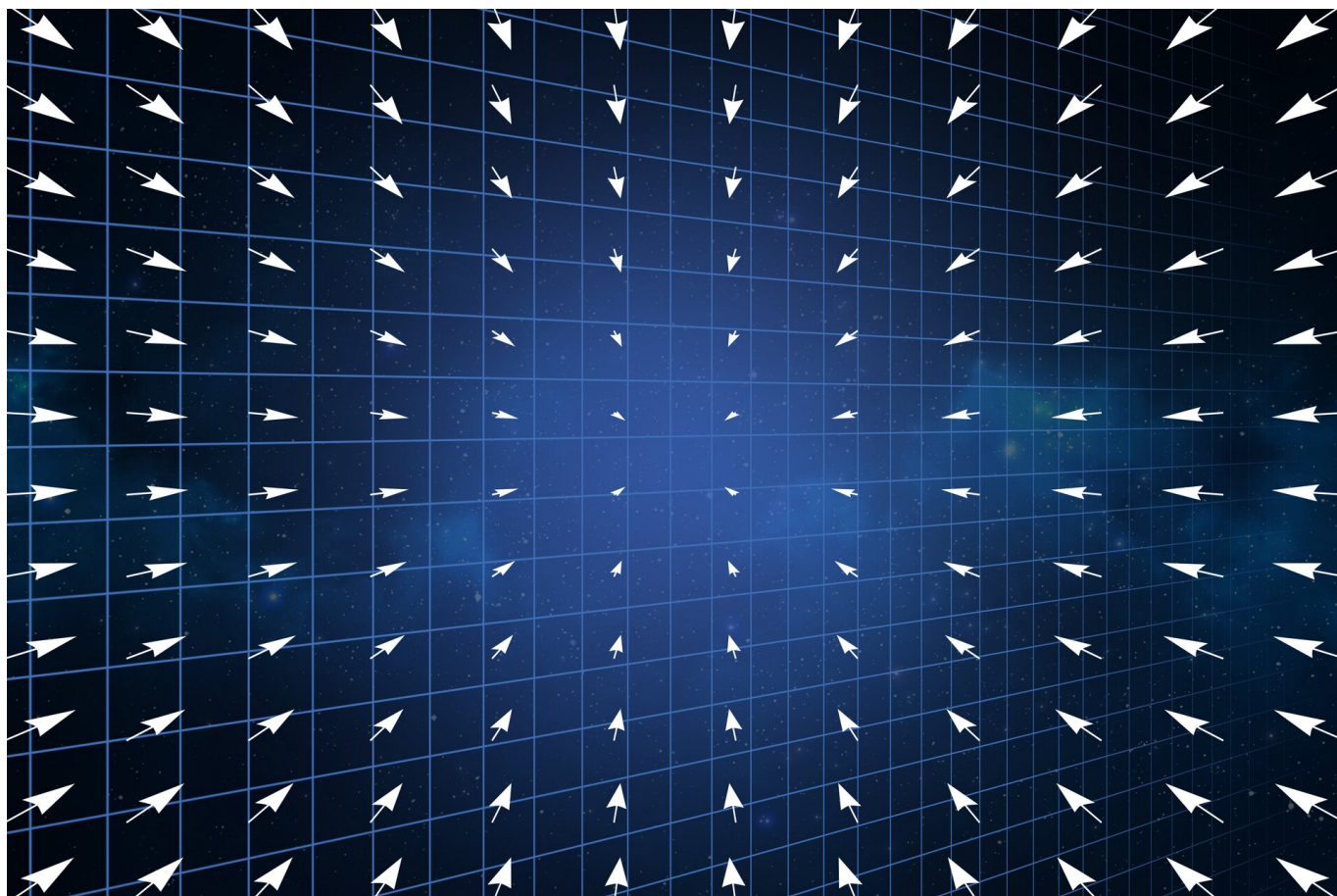
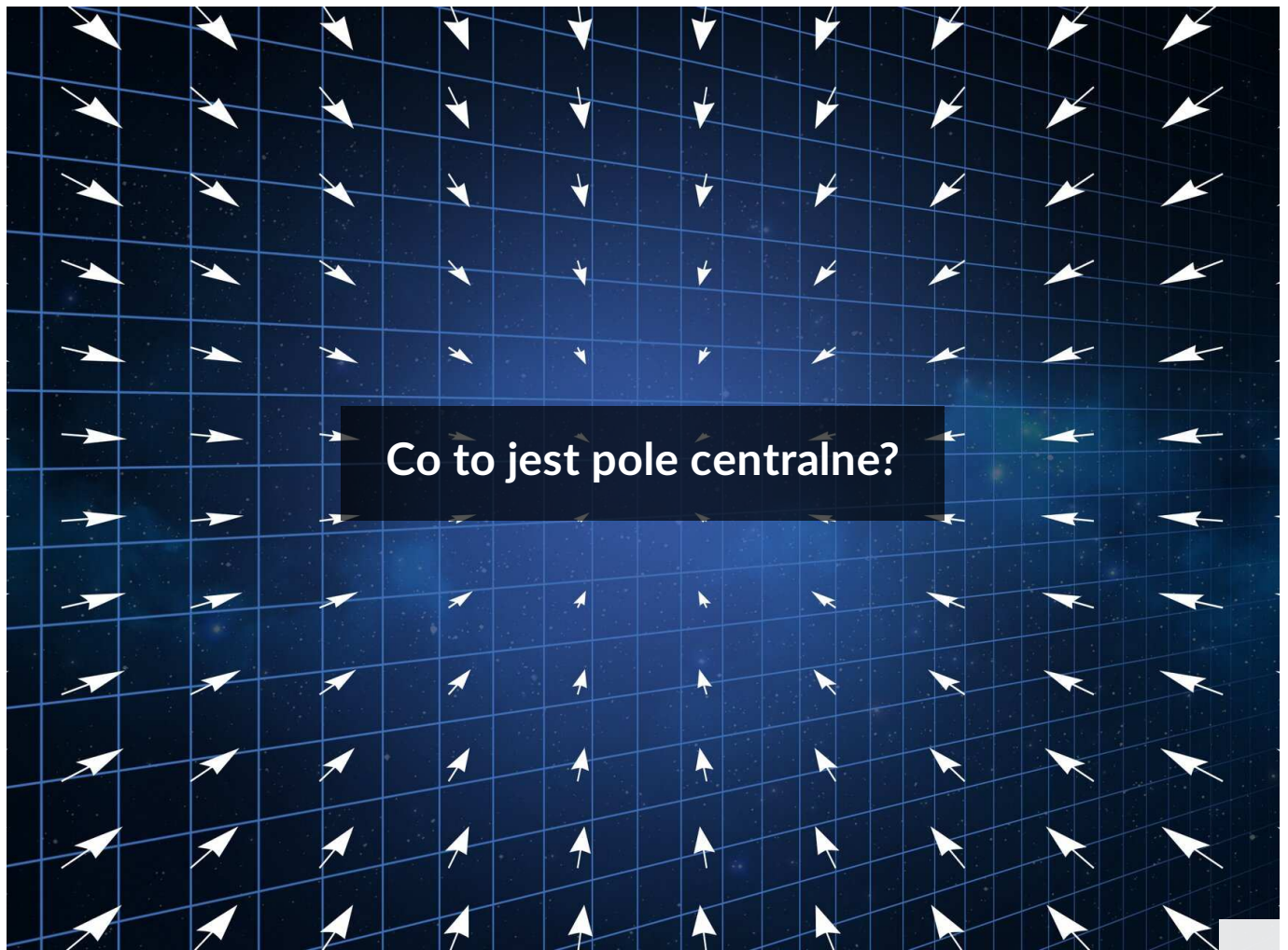




Co to jest pole centralne?

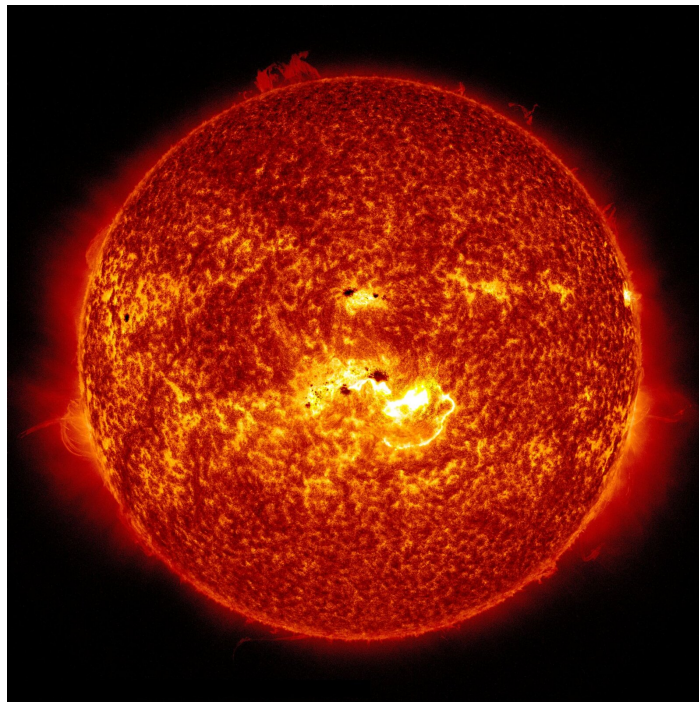
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Co to jest pole centralne?

Czy to nie ciekawe?

Każde naładowane elektrycznie ciało wytwarza pole elektryczne. Pole to może być różnego rodzaju, w zależności od kształtu naładowanego ciała, np. pole jednorodne jest wytwarzane przez ładunek rozłożony na płaszczyźnie. Jednak każde pole elektryczne jest wypadkową bardzo wielu elementarnych pól, utworzonych przez takie cząstki jak elektrony lub protony. Te elementarne pola są to pola centralne. Z tych pól można utworzyć pole źródłowe o dowolnym kształcie.



Rys. a. Jeśli zastanawiało Cię kiedyś, dlaczego Słońce nie jest w kształcie gwiazdy pięcioramiennej, to ten e-materiał jest dla Ciebie.

Twoje cele

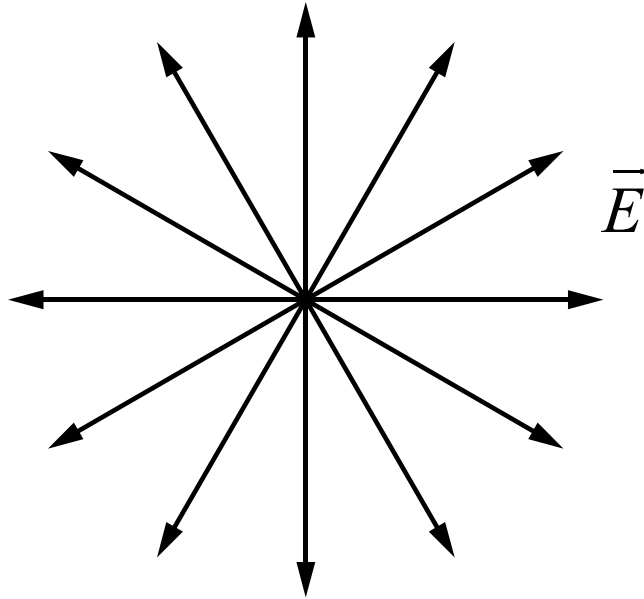
W tym materiale:

- dowiesz się, czym jest pole centralne,
- poznasz kształt linii pola centralnego,
- dowiesz się, jak zależy natężenie pola centralnego od położenia,
- zbadasz superpozycję wielu pól centralnych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Pole centralne to pole, którego linie leżą na prostych, mających dokładnie jeden wspólny punkt - centrum pola (Rys. 1.). Oznacza to, że pole centralne nie zmienia się przy obrocie źródła o dowolny kąt.



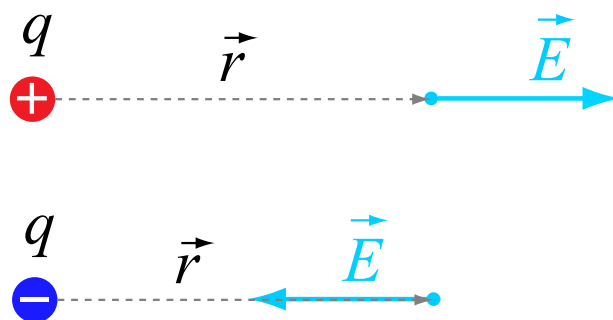
Rys. 1. Linie pola centralnego.

Przykładem pola centralnego w elektrostatyce jest pole elektryczne wytworzone przez ładunek punktowy. Ładunek jest źródłem pola. W tym punkcie linie pola mają swój początek (w przypadku ładunku dodatniego) lub koniec (w przypadku ładunku ujemnego). Linie rozchodzą się we wszystkie strony, a więc ich gęstość maleje wraz z odległością od ładunku.

Natężenie pola elektrycznego od ładunku punktowego q opisane jest równaniem:

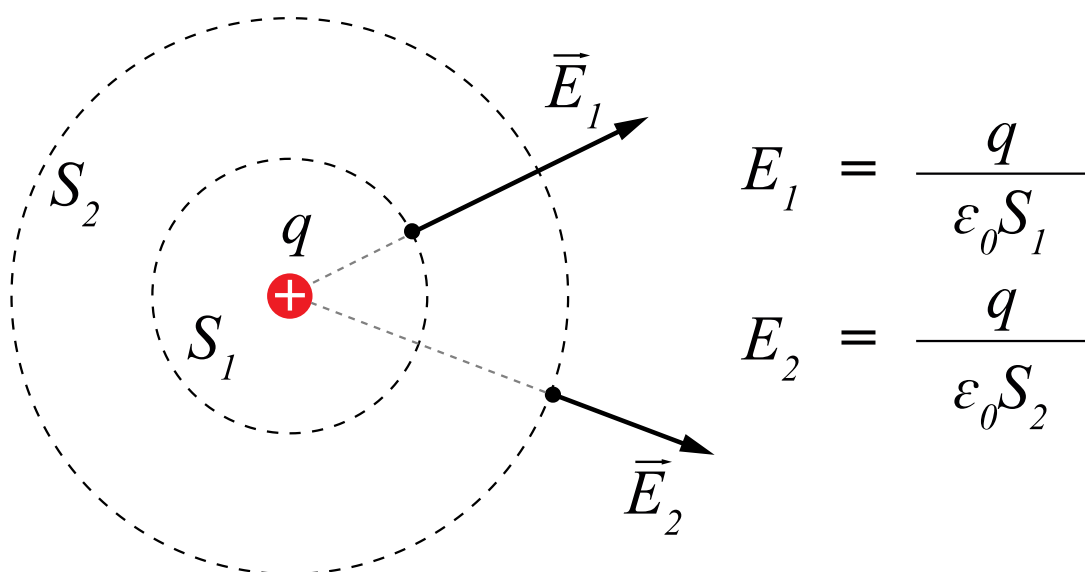
$$\vec{E} = \frac{q}{\varepsilon_0} \frac{1}{4\pi r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Omówmy tę zależność, zaczynając od końca, czyli od $\frac{\vec{r}}{r}$. Wektor $\vec{r}$ to położenie punktu, w którym szukamy natężenia pola elektrycznego, względem ładunku punktowego (Rys. 2.). Jeśli wektor ten podzielimy przez jego długość r , otrzymamy wektor jednostkowy, czyli wektor o długości 1 (tzw. **wersor**). Zatem czynnik $\frac{\vec{r}}{r}$ odpowiada wyłącznie za kierunek pola elektrycznego i decyduje o jego centralności. Charakter tego pola nie zmienia się, jeśli ładunek zostanie obrócony. Ten rodzaj symetrii nazywamy symetrią sferyczną lub kulistą.



Rys. 2. Wektory natężeń pola elektrostatycznego pochodzące od dodatniego i ujemnego ładunku punkowego.

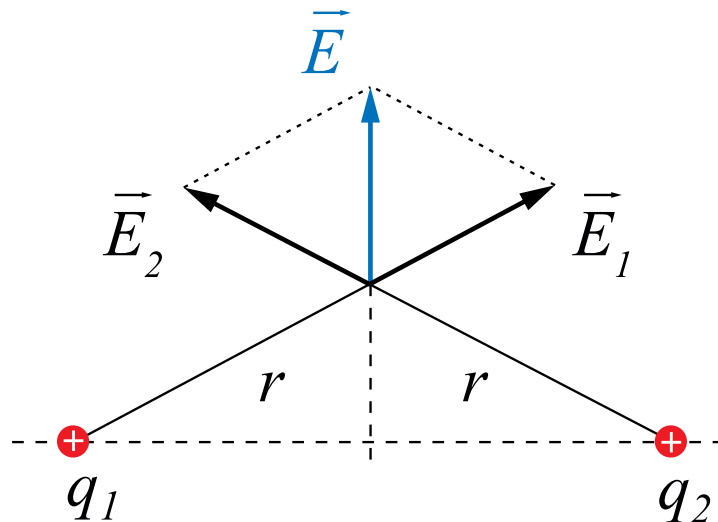
Kolejny czynnik to $\frac{1}{4\pi r^2}$, czyli odwrotność pola powierzchni kuli o promieniu r . Natężenie pola reprezentowane jest przez gęstość linii pola. Ponieważ w rozważanym przykładzie jest tylko jedno źródło pola, gęstość linii pola maleje wraz z odległością od ładunku. Oznacza to, że jeżeli wyobrazimy sobie sferę o dowolnym promieniu otaczającą rozważany ładunek punktowy, to zawsze jej powierzchnię przecinać będzie ta sama liczba linii pola. Zatem natężenie pola centralnego maleje wraz z powierzchnią sfery otaczającej ładunek (Rys. 3.).



Rys. 3. Natężenie pola elektrycznego w punktach na powierzchni sfer o polach powierzchni S_1 i S_2 .

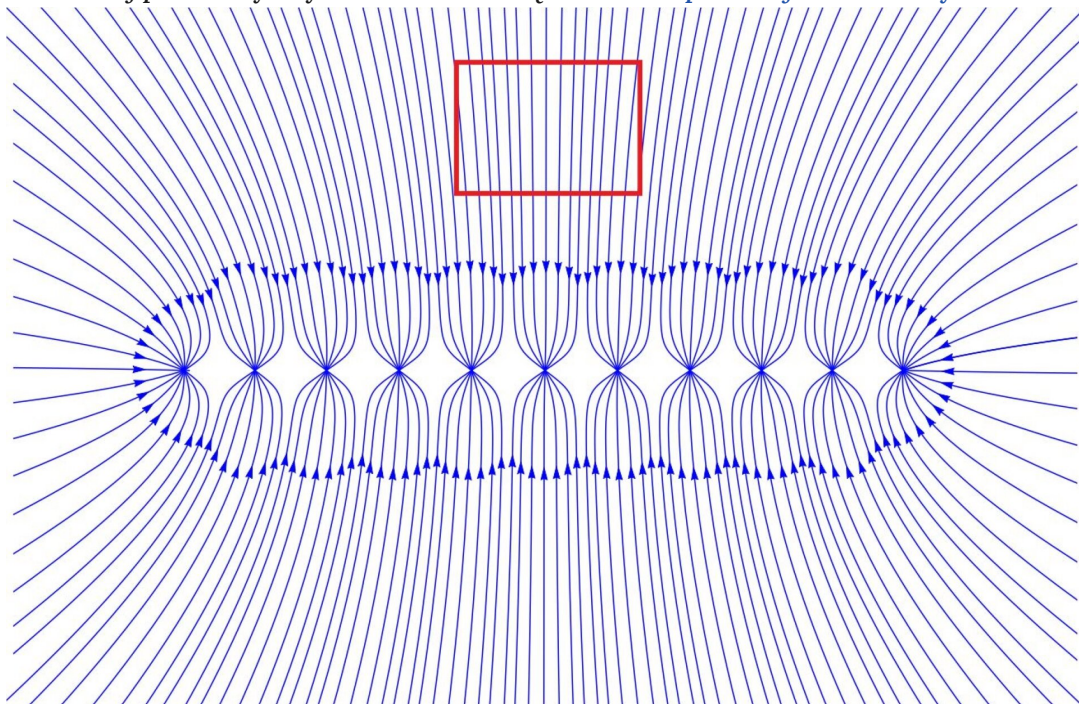
By wyjaśnić kolejną interesującą cechę pól centralnych, rozważmy układ dwóch identycznych ładunków punktowych (Rys. 4.). Zastanówmy się, jak będzie wyglądał wektor natężenia pola elektrycznego $\vec{E}$ w punkcie leżącym w identycznej odległości od obu ładunków. Ładunki wytwarzają pole centralne, więc wektory $\vec{E}_1$ i $\vec{E}_2$ będą leżeć na prostych łączących odpowiadające im źródła z rozważanym punktem. Jednocześnie będą miały tę samą długość. Aby wyznaczyć wektor natężenia wypadkowego pola elektrycznego od obu ładunków, możemy posłużyć się graficzną metodą dodawania wektorów. W metodzie tej, wektor będący sumą wektorów $\vec{E}_1$ i $\vec{E}_2$ leży na przekątnej równoległoboku wychodzącego

z wierzchołka, gdzie wektory te zostały połączone. Koniec (grot) utworzonego wektora znajduje się w nowoutworzonym wierzchołku równoległoboku. Zatem wypadkowe natężenie będzie prostopadłe do prostej łączącej ładunki.



Rys. 4. Wypadkowe natężenie pola elektrycznego układu dwóch jednakowych ładunków ($q_1 = q_2$)

Powyższe rozumowanie można uogólnić na układ (nieskończenie) wielu ładunków punktowych. Jeśli rozważymy ładunki punktowe rozłożone gęsto na prostej (Rys. 5.), wypadkowe pole elektryczne w dowolnym punkcie bliskim tej prostej będzie do niej prostej, a więc będzie miało symetrię walcową (cylindryczną). Jeśli rozważymy ładunki punktowe gęsto rozłożone na płaszczyźnie, wypadkowe pole będzie w dowolnym punkcie prostopadłe do tej płaszczyzny. Dodatkowo będzie ono **polem jednorodnym**.



Rys. 5. Ładunki punktowe ułożone gęsto na odcinku utworzą linie pola, które w obszarze zaznaczonym czerwonym prostokątem będą prawie równoległe. Gdy rozłożymy nieskończoną liczbę ładunków wzdłuż

prostej, uzyskamy - po rzutowaniu na płaszczyznę, w której leży prosta - doskonale równoległe linie pola.

Wniosek jest więc następujący: każde pole elektrostatyczne można przedstawić jako **superpozycję** (czyli sumę, wypadkową) wielu pól centralnych.

Zasada superpozycji

Jeśli w przestrzeni znajduje się wiele ładunków, wówczas natężenie pola elektrostatycznego w dowolnym punkcie jest równe sumie wektorowej natężeń pochodzących od poszczególnych ładunków.

Podsumowując: pole centralne ma następujące własności:

- symetria sferyczna (kulista) - pole nie zmieni się, jeśli jego źródło obrócimy o dowolny kąt.
- wartość natężenia pola w danej odległości od źródła jest stała,
- dowolne pole elektrostatyczne jest superpozycją pól centralnych.

Innym przykładem pola centralnego, poza polem wokół ładunku punkтового, jest pole od odpowiednio naładowanej powierzchniowo lub objętościowo kuli. Aby pole było centralne, gęstość ładunku (powierzchniowa bądź objętościowa) musi mieć symetrię sferyczną - w przypadku kuli może zależeć tylko od odległości od jej środka, a przypadku sfery - musi być wielkością stałą.

Słowniczek

pole jednorodne

(ang. *uniform field*) - pole, którego natężenie nie zależy od położenia, czyli jest takie samo w każdym punkcie przestrzeni. Przykładem pola jednorodnego jest pole elektryczne wewnątrz płaskiego kondensatora.

wersor

(ang. *unit vector*) - wektor jednostkowy, czyli wektor o stałej długości równej 1. Wersor wskazuje jedynie kierunek i zwrot. Dowolny wektor możemy zapisać jako iloczyn wielkości skalarnej, opisującej jego długość, i pewnego wersora.

Film samouczek

Co to jest pole centralne?

Poniższy film wyjaśnia, w jaki sposób, wykorzystując wiele ładunków wytwarzających pole centralne, można stworzyć pole o symetrii cylindrycznej.

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

Wysłuchaj ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Zwróć uwagę, że pole na ostatnim rysunku na filmie, przedstawiającym przekrój przez naładowaną nić, przypomina pole, jakie wytworzyłby pojedynczy ładunek (przypomina tylko na płaskim rysunku, gdyż, w rzeczywistości, w pierwszym przypadku jest to pole o symetrii cylindrycznej, a w drugim sferycznej). Czy potrafisz wyobrazić sobie (przeprowadzając podobną analizę, jak na filmie), jaką symetrię będzie mieć pole elektrostatyczne pochodzące od nieskończonej liczby gęsto upakowanych naładowanych nici (czyli od naładowanej płaszczyzny)?

Polecenie 2

Czy dowolne pole wektorowe można przedstawić jako superpozycję pól centralnych?

Sprawdź się

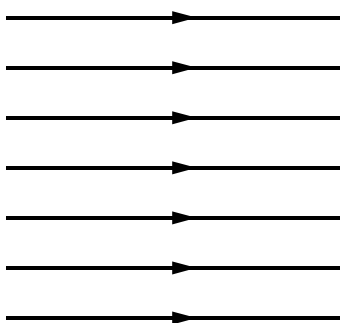
Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

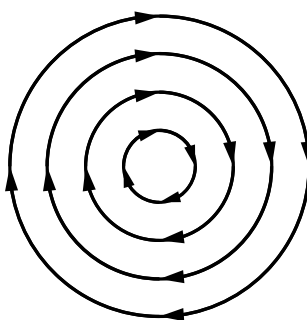


Wskaż rysunki, które przedstawiają pole centralne.

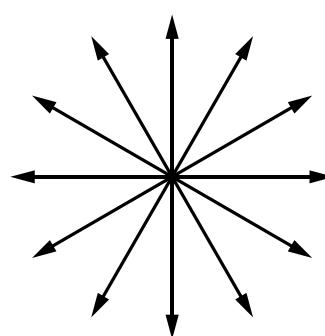
a) ☐



b) ☐



c) ☐



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

Ćwiczenie 2



Źródło centralnego pola elektrostatycznego otoczone jest sferą. Jak zależy liczba linii pola przecinających powierzchnię sfery od jej promienia?

☐ liczba linii pola maleje z promieniem sfery

☐ liczba linii pola nie zależy od promienia sfery

☐ liczba linii pola rośnie z promieniem sfery

Ćwiczenie 3



Jaki układ ładunków jest źródłem centralnego pola elektrostatycznego?

- ☐ pojedynczy ładunek
- ☐ naładowana okrągła pętla
- ☐ układ dwóch ładunków
- ☐ naładowana płaszczyzna
- ☐ naładowana nić

Ćwiczenie 4



Punkt P znajduje się w pewnej odległości od ładunku wytwarzającego pole elektrostatyczne. Wektor natężenia pola w punkcie P

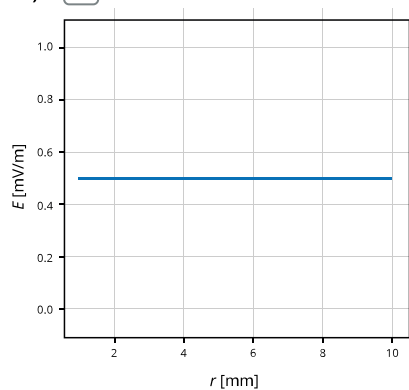
zmieni się	nie zmieni się	
☐	☐	jeśli ładunek oddali się.
☐	☐	jeśli ładunek obróci się.
☐	☐	jeśli zmieni się znak ładunku.

Ćwiczenie 5

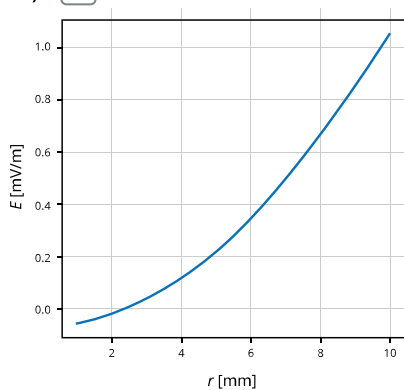


Zaznacz wykresy przedstawiające zależność natężenia centralnego pola elektrostatycznego od odległości od centrum pola.

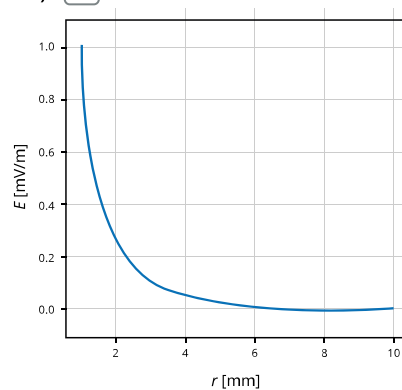
a) ☐



b) ☐



c) ☐

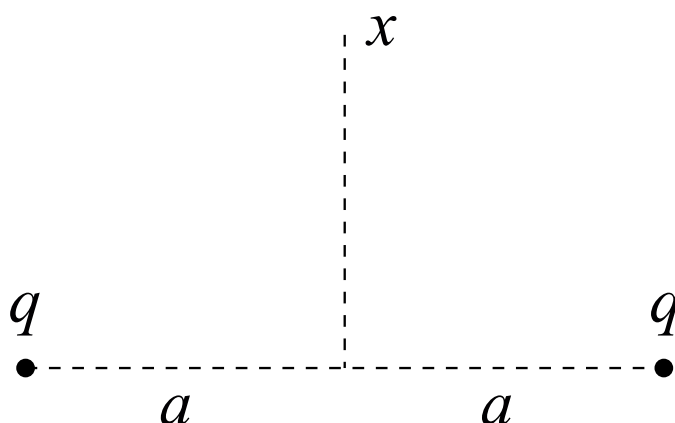


Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 6



Wyprowadź wzór na wartość wypadkowego natężenia pola elektrycznego od dwóch identycznych ładunków punktowych q , oddalonych od siebie o $2a$, w punkcie położonym w odległości x od środka między ładunkami.



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

Ćwiczenie 7



Naładowana cząstka jest przesuwana w centralnym polu elektrycznym. Jak zależy praca przesunięcia cząstki od drogi, po której jest wykonywana?

- ☐ praca zależy wyłącznie od początkowej i końcowej odległości od centrum pola
- ☐ praca zależy od długości drogi, po której cząstka jest przesuwana

Ćwiczenie 8



Uzupełnij zdanie:

Na naładowaną elektrycznie cząstkę w centralnym polu elektrycznym ☐ działa ☐ \ ☐ nie działa ☐ siła niezerównoważona. Cząstka zgodnie z zasadami dynamiki poruszać się będzie ruchem ☐ jednostajnym prostoliniowym ☐ \ ☐ jednostajnie zmiennym ☐ \ ☐ niejednostajnie zmiennym ☐ .

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Gradowski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Co to jest pole jednorodne?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. 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; 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość. 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:	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. opisuje własności pola centralnego, 2. planuje doświadczenie obrazujące pole centralne, 3. analizuje superpozycję wielu pól centralnych.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	wykład informacyjny, eksperyment
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	maszyna elektrostatyczna, 2 elektrody: kolistą i punktową, spodek z olejem i kaszą manną
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prosi uczniów o przypomnienie pojęcia pola elektrycznego i zasady, wg której przedstawia się to pole graficznie.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel przeprowadza eksperyment, w którym dwie elektrody – zewnętrzna kolistą i wewnętrzna punktową, zanurzone w zawieszynie np. kaszy w oleju, są ładowane elektrycznie za pomocą maszyny elektrostatycznej. Uczniowie próbują wyjaśnić ułożenie drobinek kaszki w polu elektrycznym. Nauczyciel omawia kształt linii pola centralnego, zwracając uwagę na różnice z polem jednorodnym np. wewnątrz kondensatora płaskiego. Uczniowie robią rysunki obrazujące eksperyment i piszą objaśnienia. Uczniowie próbują samodzielnie określić pojęcie pola centralnego. Uczniowie oglądają film samouczek, który wyjaśnia, jak można dokonywać superpozycji pól. Uczniowie odpowiadają na postawione tam pytania.	
Faza podsumowująca:	
W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości uczniowie, w parach, rozwiązują zadania 1-4 z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	
Uczniowie utrwalają wiedzę i zdobyte umiejętności przez rozwiązanie w domu zadań, których nie rozwiązyali na lekcji 5-8.	

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedia	Multimedia może być wykorzystane przez uczniów jako praca domowa przed lekcją i być wprowadzeniem do tematu.
--	--