



Jak zinterpretować zagęszczenie linii pola elektrostatycznego?

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



Jak zinterpretować zagęszczenie linii pola elektrostatycznego?

Czy to nie ciekawe?

W fizyce mamy do czynienia z wieloma rodzajami pól wektorowych. Wśród przykładów możemy wymienić pole elektrostatyczne wokół nieruchomych ładunków elektrycznych, pole magnetyczne wokół przewodników z prądem, pole grawitacyjne lub pole przedstawiające prędkość cieczy. Wszystkie te pola możemy zobrazować w bardzo intuicyjny sposób za pomocą linii pola. Obraz taki pozwala odróżnić na przykład pole centralne od jednorodnego lub pole źródłowe od bezźródłowego. A co najważniejsze, zawiera niemal pełną informację na temat tego pola i wektorów charakteryzujących je, nie tylko ich kierunku i zwrotu, ale również na temat jego względnego natężenia.

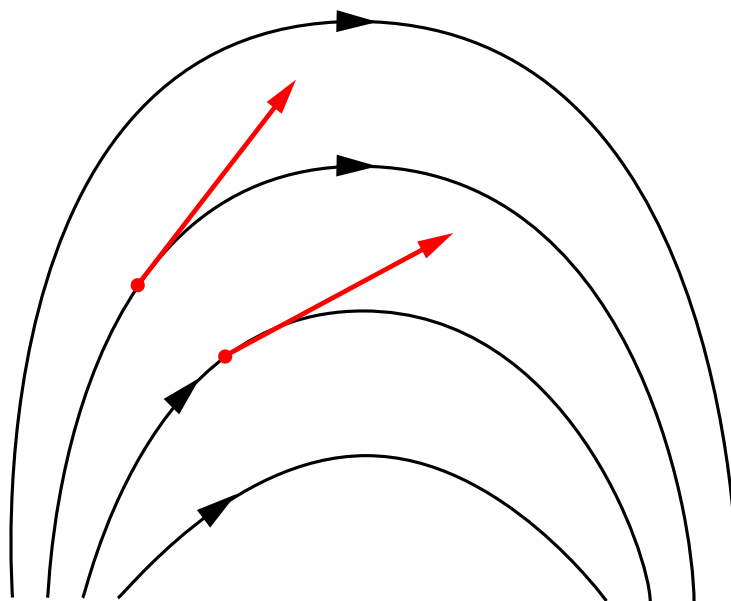
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest gęstość linii pola wektorowego,
- poznasz interpretację linii pola elektrostatycznego,
- zbadasz związek między gęstością linii pola a natężeniem pola wokół ładunku punktowego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

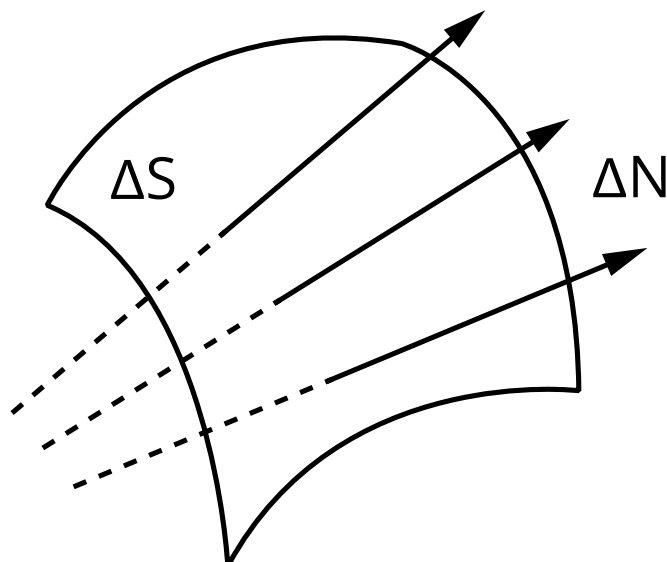
Pole elektrostatyczne jest **polem wektorowym**, podobnie jak pole magnetyczne lub grawitacyjne. Pola takie zwykle prezentujemy graficznie za pomocą **linii pola**, czyli krzywych, do których w każdym punkcie styczne są wektora natężenia pola.



Rys. 1. Linie pola wektorowego i styczne do nich wektory natężenia pola.

Krzywe te posiadają określony zwrot, zgodny ze zwrotem natężenia pola, który oznaczamy odpowiednio skierowanym grotem strzałki. Linie pola pokrywają się z torem ruchu **próbnego ładunku**, umieszczonego w rozważanym polu bez prędkości początkowej.

Linie pola niosą niemal pełną informację na temat pola wektorowego w każdym punkcie. Opisują nie tylko kierunek i zwrot wektora natężenia pola, ale również jego względną wartość.



Rys. 2. Element powierzchni przecinany liniami pola.

W dowolnym punkcie przestrzeni możemy wyobrazić sobie niewielki element powierzchni ΔS , prostopadły do wektorów natężenia pola. Element ten będzie przecinany przez pewną liczbę linii pola ΔN . Możemy zdefiniować lokalną gęstość linii pola jako stosunek liczby linii pola do powierzchni, którą przecinają.

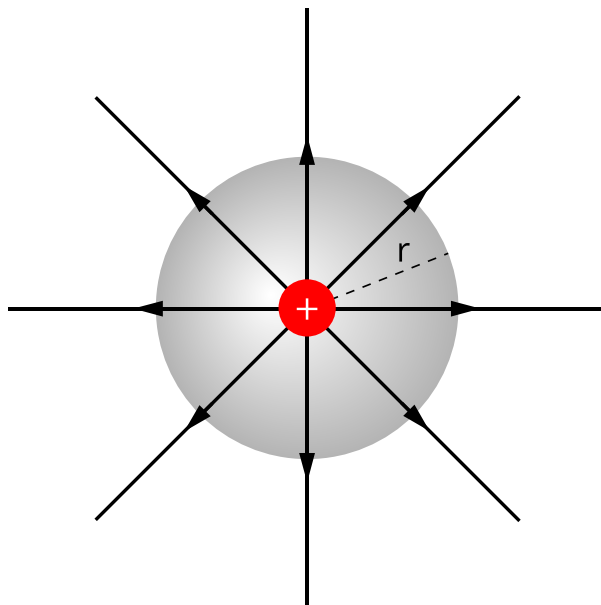
$$n = \frac{\Delta N}{\Delta S}$$

Wartość natężenia pola w dowolnym punkcie przestrzeni jest wprost proporcjonalna do lokalnej gęstości linii pola wokół rozważanego punktu.

$$E \sim n$$

Przykład 1 – pole centralne

Jest to pole, którego natężenie zależy wyłącznie od odległości od punktu, zwanego centrum pola i pewnej stałej. Pole takie jest wytwarzane na przykład przez ładunek punktowy lub naładowaną kulę.



Rys. 3. Linie pola elektrycznego wokół pojedynczego ładunku i sferyczna powierzchnia, którą linie przecinają.

Rozważmy najprostszy przykład pola centralnego – pole wokół ładunku punkowego. Liczba linii pola N , wychodząca z ładunku, będącego jednocześnie centrum pola, jest proporcjonalna do wartości ładunku q . Ponieważ linie pola rozchodzą się promieniście od ładunku, a ich liczba jest stała, wraz ze wzrostem odległości od źródła, odległość między liniami jest coraz większa. Zatem ich gęstość maleje z odległością. By wyznaczyć gęstość linii w zależności od odległości od ładunku, otoczmy ładunek sferą o promieniu r i środku w miejscu ładunku (patrz – Rys. 3.).

Gęstość linii pola przecinających sferę (liczba linii podzielona przez pole powierzchni sfery) wynosi:

$$n = \frac{N}{4\pi r^2}$$

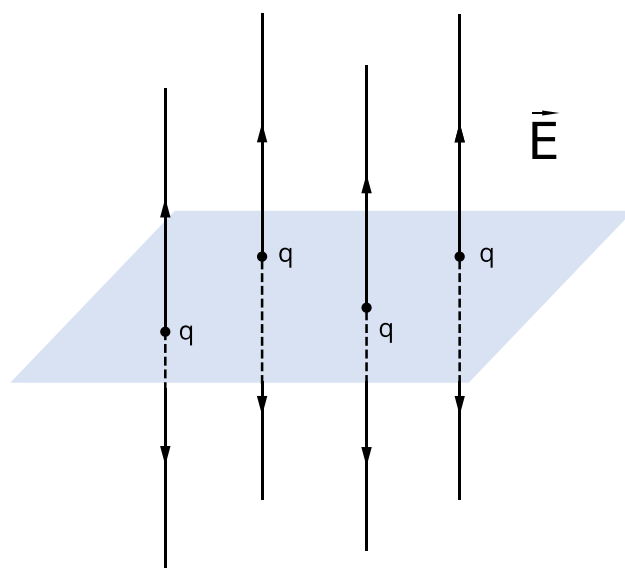
Natężenie pola elektrycznego od ładunku punkowego wynosi

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{q}{N\epsilon_0} \cdot \frac{N}{4\pi r^2} = \frac{q}{N\epsilon_0} \cdot n$$

Widać więc, że natężenie jest wprost proporcjonalne do gęstości linii pola n .

Przykład 2 – pole jednorodne

Jest to pole, którego natężenie jest takie samo w każdym punkcie przestrzeni. Wytwarza je na przykład nieskończona, naładowana płaszczyzna. Również obszar między okładkami płaskiego [kondensatora](#) można uznać w przybliżeniu za pole jednorodne.



Rys. 4. Naładowana dodatnio płaszczyzna.

Ponieważ płaszczyzna jest nieskończenie rozległa, wszystkie linie pola są do siebie równoległe. To oznacza, że ich gęstość nie zmienia się wraz z odległością. Podobnie jak nie zmienia się natężenie pola.

Słowniczek

Kondensator

(ang.: *capacitor*) układ dwóch przewodników, który może zmagazynować energię pola elektrycznego. Kondensator opisuje pojemność elektryczna, wyrażana w faradach.

Linie pola

(ang.: *field lines*) linie, do których styczny jest wektor opisujący dane pole, na przykład wektor natężenia dla pola grawitacyjnego lub elektrycznego albo wektor indukcji magnetycznej dla pola magnetycznego.

Ładunek próbny

(ang. *test charge*) ładunek elektryczny dodatni, na tyle mały, że nie zmienia pola elektrycznego w badanym punkcie.

Pole wektorowe

(ang.: *vector field*) przestrzeń, w której każdemu punktowi przyporządkowana jest wielkość wektorowa charakteryzująca to pole, na przykład: pole elektrostatyczne, pole magnetyczne, pole prędkości cieczy.

Film samouczek

Jak zinterpretować zagęszczenie linii pola elektrostatycznego?

Film samouczek podejmuje temat liczby i gęstości linii pola wokół ładunku punkowego i zależności tych wielkości od – odpowiednio – wartości ładunku i natężenia pola elektrostatycznego. Obejrzyj film, a następnie wykonaj polecenia znajdujące się poniżej.

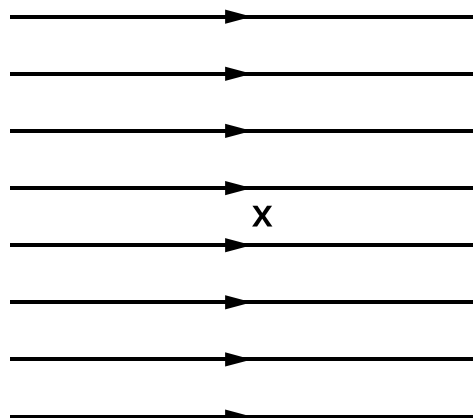
Polecenie 1

Które stwierdzenia są prawdziwe?

- ☐ Gęstości linii pola dla danej wartości natężenia pola E nie można obliczyć dokładnie.
- ☐ Liczba linii pola jest tym większa, im większa jest wartość ładunku źródłowego.
- ☐ Liczba linii pola przecinających sferę wokół ładunku punkowego rośnie wraz ze wzrostem promienia tej sfery.
- ☐ Gęstość linii pola dla danej wartości natężenia pola E można obliczyć z odpowiedniego wzoru.

Polecenie 2

Jak zmieni się gęstość linii pola, jeśli w zaznaczonym punkcie umieścimy ujemny ładunek punktowy?



☐ wzrośnie gęstość linii pola po prawej stronie

☐ wzrośnie gęstość linii pola po lewej stronie

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



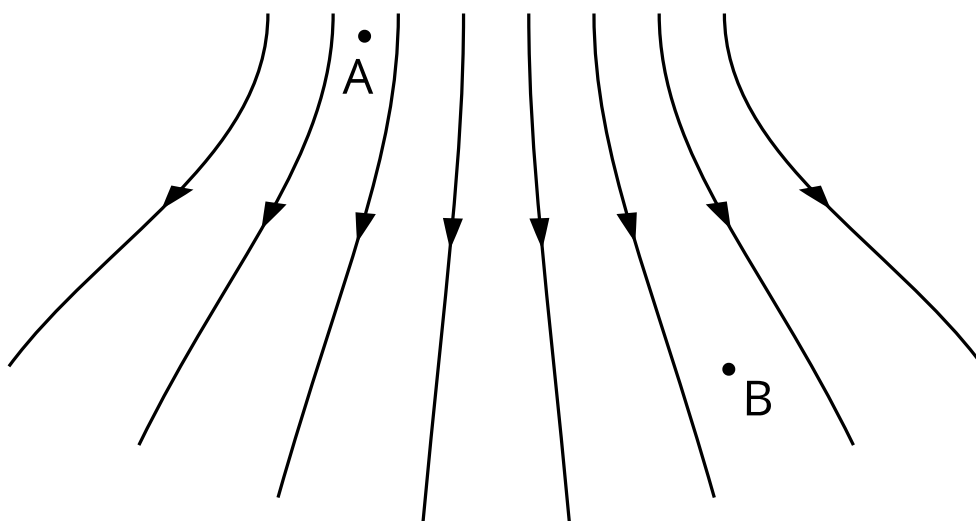
Jaka informacja dotycząca natężenia pola elektrostatycznego zawarta jest w liniach pola?

☐ zwrot

☐ względna wartość

☐ kierunek

Ćwiczenie 2



Rysunek przedstawia linie pola elektrostatycznego. Analizując układ linii możesz powiedzieć, że pole jest ☐ jednorodne ☐ / ☐ niejednorodne ☐ . Jego wartość w punkcie A jest ☐ większa ☐ / ☐ mniejsza ☐ / ☐ taka sama jak ☐ w punkcie B.

Ćwiczenie 3



Ładunek punktowy wytwarza pole elektrostatyczne. Od czego zależy gęstość linii pola wokół ładunku?

☐

od znaku ładunku

☐

od odległości od ładunku

☐

od wartości ładunku

Ćwiczenie 4



Istnieje taki rodzaj pola elektrostatycznego, dla którego gęstość linii nie zależy od położenia punktu pomiaru. Wskaż, o które pole chodzi.

☐

pole jednorodne

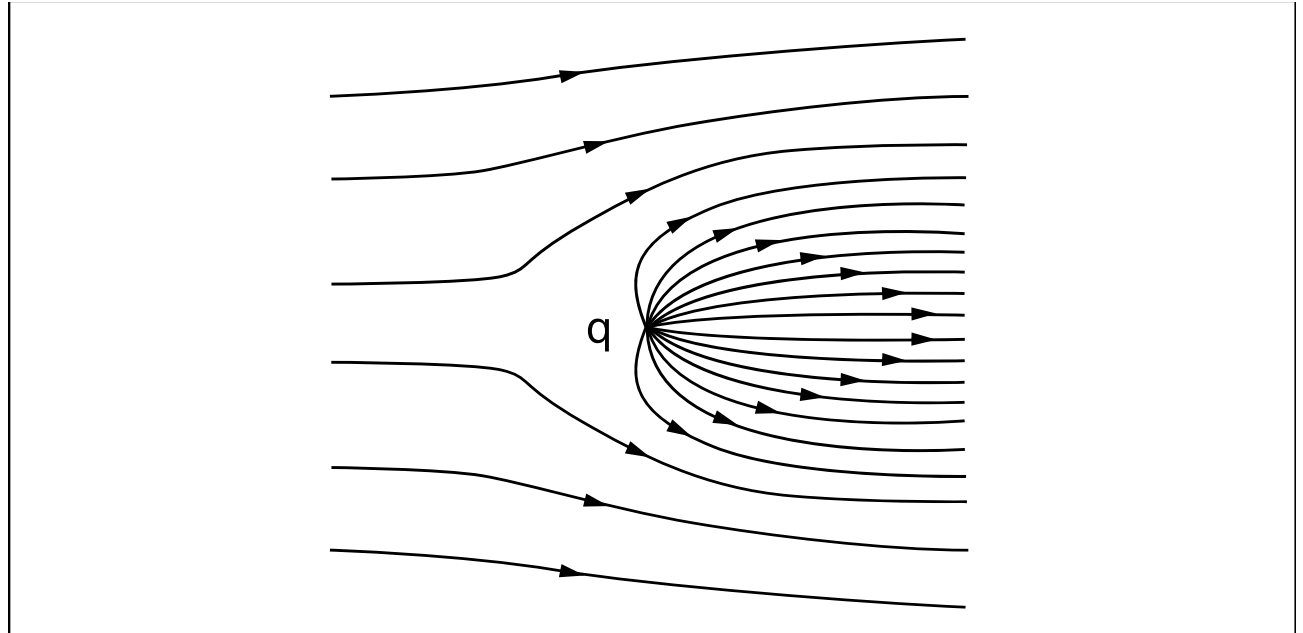
☐

pole centralne

Ćwiczenie 5



W polu jednorodnym umieszczono ładunek punktowy. Określ, jaki jest znak ładunku punktowego na podstawie kształtu linii pola.



☐ ujemny

☐ dodatni

Ćwiczenie 6

Gęstość linii pewnego pola maleje wraz z odległością od prostej, a jest taka sama dla punktów równoodległych od niej. Jaki układ ładunków wytworzy takie pole?

- ☐ ładunek na prostej
- ☐ ładunek na płaszczyźnie
- ☐ ładunek punktowy

Ćwiczenie 7



Gęstość linii pola jest stała w pewnym obszarze, a poza nim jest zerowa. Jaki układ wytworzy takie pole?

Ćwiczenie 8



Zastanów się, jakie warunki muszą zostać spełnione, by gęstość linii pola pomiędzy okładkami płaskiego kondensatora można było uznać za jednorodną.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Gradowski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak zinterpretować zagęszczenie linii pola elektrostatycznego?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
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. 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:	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. opisuje własności pola elektrostatycznego; 2. wyznacza kształt linii pola centralnego i jednorodnego w eksperymencie; 3. analizuje gęstość linii pola centralnego oraz pola jednorodnego.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	wykład informacyjny, eksperyment
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	maszyna elektrostatyczna, zestawy elektrod, spodek z olejem i kaszą manną
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prosi uczniów o przypomnienie, czym jest pole wektorowe oraz na czym polega źródłowość pola elektrostatycznego.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie przeprowadzają pod kierunkiem nauczyciela eksperyment, w którym dwie elektrody – zewnętrzna kolistą i wewnętrzną punktową – zanurzone w zawiesinie np. kaszy w oleju, ładowane są elektrycznie za pomocą maszyny elektrostatycznej. Uczniowie powtarzają eksperyment dla dwóch równoległych podłużnych elektrod, a następnie opisują przebieg doświadczeń (kształt linii pola centralnego oraz jednorodnego). Potem, wspólnie z nauczycielem, omawiają zasady, według których przedstawiamy graficznie pole elektrostatyczne. Nauczyciel wprowadza pojęcie gęstości linii pola i pokazuje ścisły związek między gęstością a natężeniem pola dla ładunku punktowego. Uczniowie robią notatki i rysunki w zeszytach. Następnie oglądają film samouczek i odpowiadają na postawione tam pytania. Wspólnie z nauczycielem, wyjaśniają ewentualne niejasności.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie w parach rozwiązują zadania 1-4, a następnie prezentują rozwiązania. Nauczyciel ocenia notatki robione w czasie lekcji i określa w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.	
Praca domowa:	

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości, uczniowie rozwiązują zadania 5-8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium**

Multimedium może zostać wykorzystane przez uczniów jako praca domowa przed lekcją lub być wprowadzeniem do tematu.