



Gęstość powierzchniowa ładunku

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



Gęstość powierzchniowa ładunku

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

Czy to nie ciekawe?

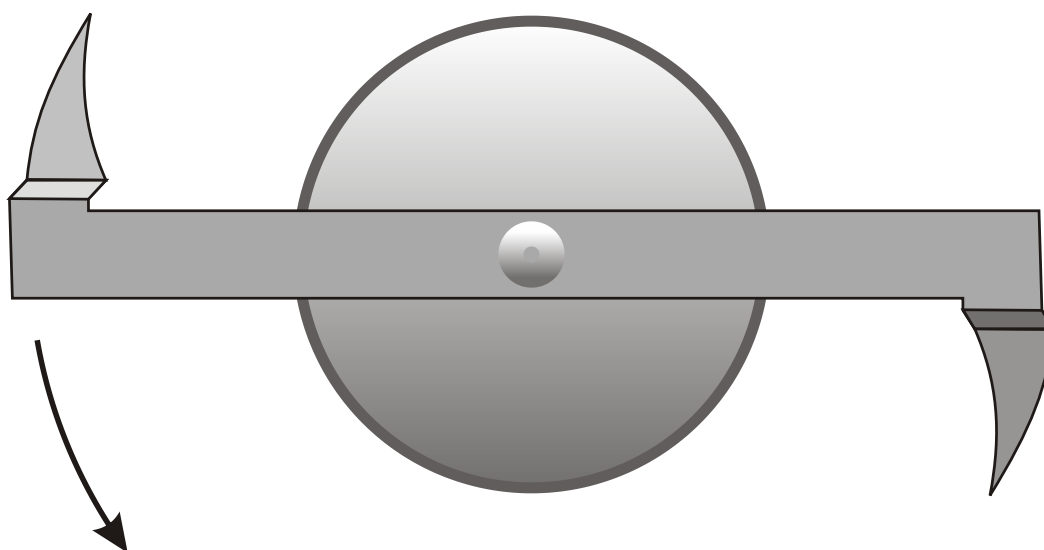
Gęstość powierzchniowa jest szczególnie ważną wielkością fizyczną w przypadku przewodników. Ładunki swobodne, mogące swobodnie poruszać się w całej objętości przewodnika, rozkładają się właśnie na jego powierzchni. Ten rozkład ładunku nie jest jednolity – taki sam w każdym miejscu i właśnie do opisu tego zjawiska potrzebne jest pojęcie gęstości powierzchniowej.

Pierwsze eksperymenty, które pokazały, że ładunek – „materia elektryczna” – nie rozkłada się równomiernie na powierzchni przewodnika o nieregularnym kształcie i gromadzi się na jego ostrzach, przeprowadził w XVIII wieku Benjamin Franklin. Był on znanym amerykańskim mężem stanu, uczonym, wynalazcą i filozofem. Uważa się go za pomysłodawcę piorunochronu, którego koncepcję opracował po przeprowadzeniu słynnych eksperymentów z latawcem, który „miał ściągnąć elektryczność z chmur burzowych” (Rys. a.). Ale jednym z jego pierwszych wynalazków był przyrząd służący do demonstracji oddziaływań elektrostatycznych, zwany obecnie młynkiem Franklina (Rys. b.).



Rys. a. Obraz przedstawiający eksperyment Franklina z latawcem, który "miał ściągnąć elektryczność z chmur burzowych".

Źródło: dostępny w internecie: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benjamin_West,_English_\(born_America\)_-_Benjamin_Franklin_Drawing_Electricity_from_the_Sky_-_Google_Art_Project.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benjamin_West,_English_(born_America)_-_Benjamin_Franklin_Drawing_Electricity_from_the_Sky_-_Google_Art_Project.jpg) [dostęp 25.06.2022], domena publiczna.



Rys. b. Młynek Franklina.

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ELECTROSTATIC_MILLxqr12fc001.svg [dostęp 25.06.2022], domena publiczna.

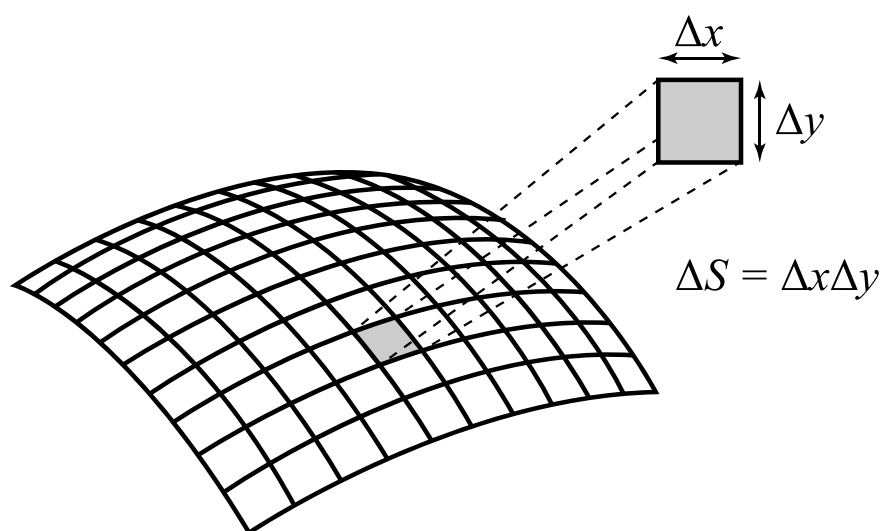
Twoje cele

- poznasz definicję gęstości powierzchniowej ładunku,
- dowiesz się, w jakich jednostkach wyraża się gęstość powierzchniowa ładunku,
- określisz związek gęstości powierzchniowej ładunku z promieniem krzywizny,
- zastosujesz pojęcie gęstości powierzchniowej ładunku do rozwiązywania zadań.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Źródłem pola elektrycznego są ładunki elektryczne, których wartość wyrażamy w kulombach (C). Ucząc się o podstawowych własnościach pola elektrycznego często rozważamy ładunki punktowe, jednak w rzeczywistości mamy częściej do czynienia z ładunkiem rozłożonym przestrzennie. Ładunek może być rozmieszczony na pewnej długości, powierzchni lub w objętości. W takich sytuacjach przeważnie wygodniej jest posługiwać się gęstością ładunku, czyli jego ilością przypadającą na pewien fragment przestrzeni.



Rys. 1. Gęstość ładunku wyznaczamy dla każdego elementu powierzchni

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

Wyobraźmy sobie pewną powierzchnię o polu S . Powierzchnia naładowana jest elektrycznie ładunkiem o całkowitej wartości q . By określić gęstość ładunku w pewnym punkcie na powierzchni, wybieramy bardzo mały jej fragment wokół rozważanego punktu. Fragment ten nazywamy elementem powierzchni i oznaczamy ΔS . Ładunek zgromadzony wyłącznie na tym elemencie powierzchni oznaczamy Δq . Gęstość powierzchniową ładunku oznaczamy grecką literą σ (sigma) i definiujemy jako:

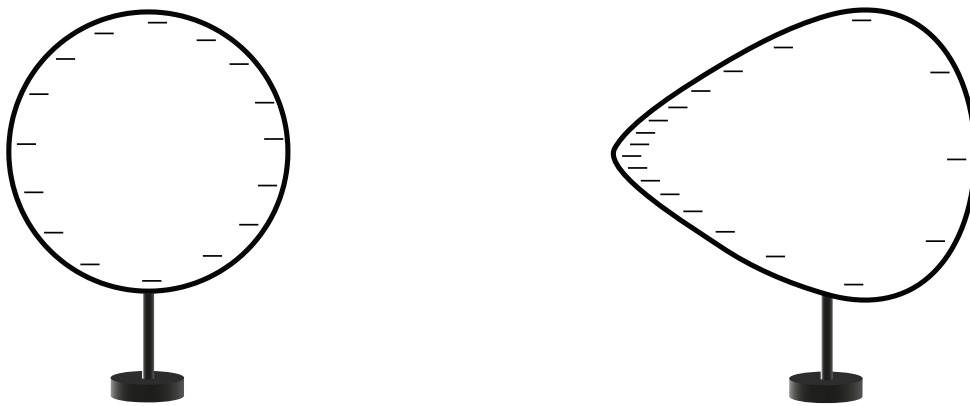
$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}$$

Definicja ta jest prawdziwa dla dowolnego punktu na powierzchni przy założeniu, że element powierzchni ΔS jest bardzo mały, co możemy zapisać ściślej posługując się pojęciem [granicy](#):

$$\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta S}.$$

Jednostką gęstości powierzchniowej ładunku jest C/m^2 (kulomb na metr kwadrat), a w jednostkach podstawowych układu SI $(\text{A}\cdot\text{s})/\text{m}^2$ (amper razy sekunda na metr kwadrat).

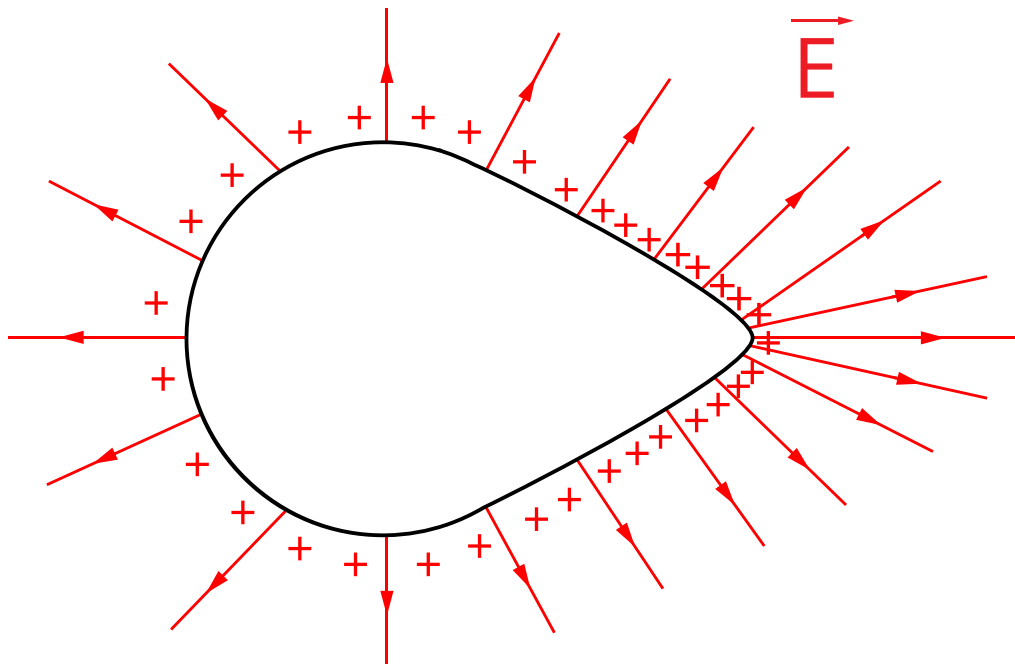
Gęstość powierzchniowa ładunku jest własnością lokalną, tzn. nie musi być identyczna na całej powierzchni naładowanego ciała. Tak jest np. w przypadku przewodnika o nieregularnym kształcie. Największa gęstość ładunku jest na tzw. ostrzach, czyli miejscach o małym promieniu krzywizny, a najmniejsza na płaskich obszarach. Jeśli przewodnik ma regularny kształt, np. sferyczny, gęstość ładunku będzie jednakowa w każdym punkcie. Mówimy wtedy, że ładunek jest rozłożony jednorodnie.



Rys. 2. Gęstość powierzchniowa ładunku jest jednakowa w każdym punkcie na powierzchni sferycznej przewodnika (po lewej), a na powierzchni nieregularnej (po prawej) jest największa w punktach o najmniejszym promieniu krzywizny

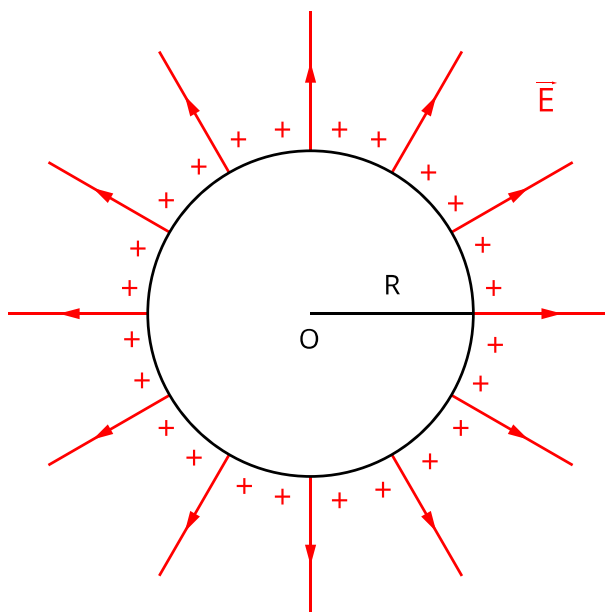
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Rozkład ładunku na powierzchni przewodnika wpływa też na natężenie pola elektrycznego. Pole elektryczne wokół naładowanego przewodnika jest najsilniejsze wokół miejsc o małym promieniu krzywizny (Rys. 3.).



Rys. 3. Rozkład linii pola elektrycznego wokół naładowanego przewodnika o nieregularnym kształcie. Największe zagęszczenie linii pola występuje w pobliżu miejsc o małym promieniu krzywizny

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



Rys.4. Rozkład linii pola elektrycznego wokół naładowanego przewodnika w kształcie kuli

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

Słowniczek

Granica funkcji

(ang. *limit of a function*) – wartość, do której wartości funkcji zbliżają się nieograniczenie dla argumentów dostatecznie bliskich wybranemu punktowi. Np. funkcja $\frac{1}{x}$ nigdy nie osiąga wartości 0, lecz się do niej przybliża dla rosnących do nieskończoności argumentów. Fakt ten zapisujemy jako $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{x} = 0$.

Animacja

Gęstość powierzchniowa ładunku

Obejrzyj animację i zobacz, jak wyznacza się gęstość powierzchniową ładunku elektrycznego.

Polecenie 1

Jak natężenie pola elektrycznego tuż przy powierzchni naładowanej kuli zależy od gęstości powierzchniowej ładunku?

Polecenie 2

Czy na powierzchni przewodnika w kształcie sześcianu gęstość ładunku będzie jednakowa w każdym punkcie?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przewodząca kula o promieniu R naładowana jest ładunkiem q . Ile wynosi gęstość powierzchniowa ładunku?

Ćwiczenie 2



W jakich jednostkach wyraża się gęstość powierzchniową ładunku elektrycznego?

☐ C/m²

☐ C/m³

☐ A/m²

Ćwiczenie 3



Prawda czy fałsz?

Jednorodnie naładowana powierzchnia wytwarza jednorodne pole elektryczne.

Odp. ☐ prawda / ☐ fałsz

Ćwiczenie 4



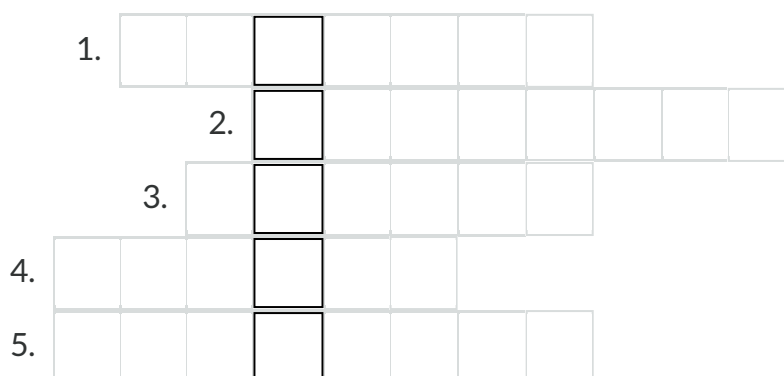
Dwie różne przewodzące kule naładowane są ładunkiem o tej samej wartości. Ile wynosi stosunek ich promieni $\frac{R_1}{R_2}$, jeżeli stosunek gęstości ładunku na ich powierzchniach wynosi $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{2}{3}$? Wstaw poprawną odpowiedź.

Odp.: Stosunek promieni kul $\frac{R_1}{R_2} =$

Ćwiczenie 5



Rozwiąż krzyżówkę.



1. Liniowa, powierzchniowa, objętościowa ... ładunku
2. Opracował koncepcję piorunochronu
3. Są dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego
4. Część naładowanego przewodnika, na której jest największa gęstość ładunku
5. "Bohater" słynnego eksperymentu Franklina

Ćwiczenie 6



Uzupełnij zdanie:

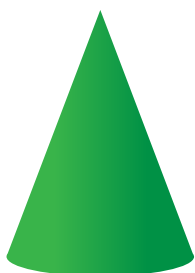
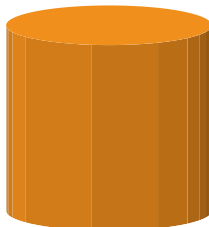
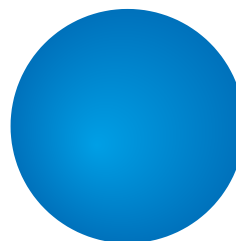
Ładunek swobodny rozkłada się wyłącznie na powierzchni naładowanych

☐ przewodników ☐ / ☐ izolatorów ☐ . Jego gęstość powierzchniowa jest największa w miejscach o ☐ najmniejszym ☐ / ☐ największym ☐ promieniu krzywizny.

Ćwiczenie 7



Wskaż przewodnik, na powierzchni którego gęstość ładunku będzie jednakowa w każdym punkcie?

☐☐☐

Ćwiczenie 8



Płaski dysk o promieniu R naładowany jest jednorodnie. Gdy w dysku wycięto centralnie kolisty otwór o promieniu r , wartość ładunku na dysku zmniejszyła się o połowę. Jak duży otwór wycięto? Wstaw odpowiednią wartość promienia r .

Odp. Wycięty otwór ma promień $r =$.

☐ $\frac{R}{4}$

☐ $\frac{R}{2}$

☐ $\frac{R}{\sqrt{2}}$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Tomasz Gradowski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Gęstość powierzchniowa ładunku
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. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VI. Elektrostatyka. Uczeń: 4) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach i znikanie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya). Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 6) opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya), duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika.
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. definiuje gęstość powierzchniową ładunku i określa jej jednostkę; 2. oblicza gęstość powierzchniową ładunku na powierzchni metalowej kuli; 3. opisuje rozkład ładunków na przewodnikach o różnym kształcie; 4. omawia przebieg doświadczenia ilustrującego duże natężenie pola elektrycznego wokół ostrzy na powierzchni przewodnika.
Strategie nauczania:	IBSE
Metody nauczania:	wykład informacyjny, eksperyment
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	laska ebonitowa, tkanina, elektroskop, metalowa kulka na izolowanym uchwycie, przewodnik o zróżnicowanym kształcie; przewodząca kula z ostrzem
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel prosi uczniów o przypomnienie własności przewodników.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel przeprowadza eksperyment: za pomocą laski ebonitowej ładuje duży przewodnik o złożonym kształcie, a następnie za pomocą kulki metalowej na izolowanej ręczce pobiera ładunek z różnych fragmentów powierzchni i mierzy jego wartość elektroskopem. Nauczyciel elektryzuje kulę z ostrzem i pokazuje własności jonizujące tego ostrza. Interpretacja wymaga zdefiniowania nowej wielkości, jaką jest gęstość powierzchniowa ładunku. Nauczyciel definiuje gęstość powierzchniową ładunku i omawia związek między gęstością ładunku a krzywizną naładowanego przewodnika. Uczniowie opisują doświadczenia w zeszycie i formułują wnioski. Nauczyciel sprawdza poprawność notatek. Uczniowie oglądają animację i odpowiadają na zawarte w niej pytania. Nauczyciel proponuje temat do dyskusji: Jak mierząc gęstość ładunku na dwóch przewodzących płytkach można wyznaczyć kierunek, zwrot i wartość pola elektrycznego.	

Faza podsumowująca:	
Uczniowie w parach rozwiązują zadania 1-4, a następnie nauczyciel sprawdza jakość rozwiązań. Nauczyciel zadaje pytania odnośnie tematu lekcji i ocenia pracę uczniów.	
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 być wykorzystane przez uczniów jako praca domowa przed lekcją i być wprowadzeniem do tematu.