

Spis treści

1	Literatura	1
2	Cząstki	1
2.1	Przewodniki	1
2.2	Ładunek	2
2.3	Elektryzowanie	2
2.3.1	Elektryzowanie przez tarcie	2
2.3.2	Elektryzowanie przez dotyk	2
2.3.3	Elektryzowanie przez indukcję	2
3	Prawo Coloumba	2
3.1	Zasada superpozycji	2
3.2	Przykład	2
4	Pole elektryczne	3
4.1	Linia pola elektrycznego	3
4.2	Natężenie pola elektrycznego	3
4.3	Pole elektryczne przewodnika	3
5	Dipol elektryczny	3
6	Ciągłe rozkłady ładunków	4
6.1	Gęstość liniowa ładunku	4
6.2	Gęstość powierzchniowa ładunku	4
6.3	Gęstość objętościowa ładunku	4
6.4	Natężenie pola elektrycznego	4
7	Strumień	4
7.1	Prawo Gaussa	4
7.2	Dywergencja	4

1 Literatura

- E. M. Purcell, D. J. Morin "Electricity and Magnetism"
- R. Shankar "Fundamentals of Physics II"
- OpenStax "College Physics"

2 Cząstki

Elektryczność jest zjawiskiem, wynikającym z oddziaływań pomiędzy nukleonami. Wyróżniamy trzy nukleony: proton, neutron i elektron. Proton ma ładunek dodatni, neutron jest obojętny, a elektron ma ładunek ujemny. Proton i neutron znajdują się w jądrze atomowym, które choć zmienne w wyniku reakcji jądrowych, jest stabilne w warunkach normalnych. Elektrony z kolei krążą wokół jądra w tzw. chmurze elektronowej. W wyniku oddziaływań pomiędzy innymi nukleonami elektrony mogą być oderwane od atomu, tworząc jon dodatni lub ujemny. Tymczasowy brak równowagi, gradient ładunku, w materiale złożonym z kilku cząstek jest przyczyną zjawisk elektrycznych.

2.1 Przewodniki

Wyróżniamy grupę materiałów, które w wyniku ich struktury atomowej pozwalają na swobodny transfer elektronów i powstawanie gradientu ładunku. Są to przewodniki. Metale w wyniku istnienia specjalnych wiązań chemicznych są dobrymi przewodnikami. Podobnie roztwory elektrolityczne, w których jony mogą swobodnie przemieszczać się w roztworze. W przeciwieństwie do przewodników, izolatory nie pozwalają na swobodny transfer elektronów. W wyniku tego nie powstaje gradient ładunku.

2.2 Ładunek

Ładunek danej dyskretnej cząsteczki jest wielkością skalarną określoną wzorem:

$$q = n \cdot e$$

gdzie e to ładunek elementarny ($1.6 \cdot 10^{-19} C$), a n to liczba cząsteczek. **Suma ładunków w układzie izolowanym jest stała.**

2.3 Elektryzowanie

W wyniku różnych oddziaływań pomiędzy ciałami, mogą one nabrać ładunku. Wyróżniamy kilka metod elektryzowania ciał. W każdej z nich powstaje gradient ładunku.

2.3.1 Elektryzowanie przez tarcie

W wyniku tarcia między ciałami, elektrony mogą być przenoszone z jednego ciała na drugie. W wyniku tego jedno ciało nabiera ładunku dodatniego, a drugie ujemnego.

2.3.2 Elektryzowanie przez dotyk

W momencie, w którym dotknijemy dwa ciała o różnym ładunku przewodnikiem, elektrony przenoszą się z ciała o większym ładunku do ciała o mniejszym ładunku. W wyniku tego oba ciała nabierają ładunku o wartości pośredniej.

2.3.3 Elektryzowanie przez indukcję

W wyniku zbliżenia ciała o ładunku do ciała obojętnego, ładunek w ciele obojętnym jest przemieszczany w wyniku oddziaływań pomiędzy ładunkami. W wyniku tego ciało obojętne nabiera ładunku. W materiałach przewodzących ładunek jest przemieszczany swobodnie, w izolatorach gradient powstaje w wyniku polaryzacji cząsteczek.

3 Prawo Coloumba

Ciała naelektryzowane oddziałują na siebie zgodnie z prawem Coloumba:

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

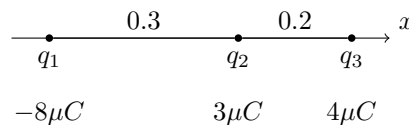
gdzie k to stała elektrostatyczna ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, $\epsilon_0 \approx 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$).

3.1 Zasada superpozycji

Siła wypadkowa działająca na ciało naelektryzowane jest sumą sił działających na to ciało ze strony innych ciał.

$$\vec{F}_w = k \cdot \sum_{j=1}^n \frac{q_1 \cdot q_j}{r^2} \cdot \vec{r}$$

3.2 Przykład



$$\vec{F}_{31} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{r^2} = k \cdot \frac{-8 \cdot 4}{0.5^2} = -1.2N$$

$$\vec{F}_{32} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k \cdot \frac{3 \cdot 4}{0.2^2} = 2.7N$$

4 Pole elektryczne

Pole elektryczne jest polem wektorowym, które opisuje siłę działającą na naelektryzowane ciało. Pole elektryczne jest zdefiniowane jako:

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

gdzie \vec{F} to siła działająca na ciało o ładunku q .

4.1 Linia pola elektrycznego

Do obrazowego przedstawienia pola elektrycznego używamy linii pola elektrycznego. Linie pola elektrycznego to linie które w każdym punkcie są styczne do wektora siły pola elektrycznego. Są one przedstawiane jako dyskretne linie, lecz w rzeczywistości pole elektryczne jest ciągłe.

4.2 Natężenie pola elektrycznego

Natężenie pola elektrycznego to wielkość wektorowa, która opisuje siłę działającą na jednostkowy ładunek w danym punkcie pola elektrycznego.

$$E = k \cdot \frac{|q|}{r^2}$$

Obowiązuje zasada superpozycji.

4.3 Pole elektryczne przewodnika

Zewnętrzne pole elektryczne powoduje, że ładunki się przemieszczają wewnątrz przewodnika. Powstaje w ten sposób pole elektryczne wewnętrzne przewodnika, które jest przeciwnie skierowane do pola zewnętrznego. W wyniku tego pole elektryczne wewnątrz przewodnika jest równe 0.

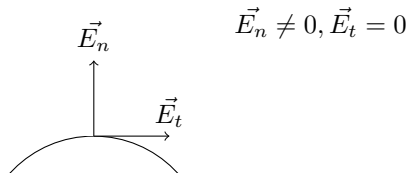
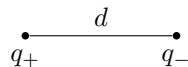


Diagram 1: Pole elektryczne na powierzchni przewodnika

5 Dipol elektryczny

Dipol elektryczny to układ dwóch ładunków o równych wartościach, lecz przeciwnych znakach. W wyniku tego układu powstaje pole elektryczne, które jest zależne od odległości między ładunkami. W wyniku tego dipol elektryczny jest zawsze zorientowany w kierunku od ładunku dodatniego do ujemnego.



Poszczególne bieguny dipola elektrycznego oddziałują na inne ciała osobno. Przez to, np.: ciała pozytywnie naładowane będą doświadczały różnej siły działającej ze strony dipola, w zależności od pozycji ciała względem dipola. Energia dipola elektrycznego to:

$$E = E_+ + E_-$$

Co za tym idzie, dla $d \rightarrow 0$ dipol zaczyna zachowywać się jak punktowy ładunek.

Dla dipola mamy moment dipolowy $p = qd$. Gdy dipol o moment dipolowym p jest umieszczony w jednorodnym polu elektrycznym \vec{E} , to na dipol działa moment siły $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$.

6 Ciągłe rozkłady ładunków

Nie zawsze ciała mają dyskretne ładunki. W takich przypadkach rozważamy rozkłady powierzchniowe, liniowe i objętościowe ładunków, w zależności co dzielimy na infinitesimalne elementy.

6.1 Gęstość liniowa ładunku

$$\lambda = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta s} = \frac{dq}{ds}$$

$$q = \int \lambda ds$$

6.2 Gęstość powierzchniowa ładunku

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta A} = \frac{dq}{dA}$$

$$q = \int \sigma dA$$

6.3 Gęstość objętościowa ładunku

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}$$

$$q = \int \rho dV$$

6.4 Natężenie pola elektrycznego

$$\vec{E} = k \cdot \int \frac{dq}{r^2} \cdot \vec{r}$$

$$dq = \begin{cases} \lambda ds & \text{dla ładunku liniowego} \\ \sigma dA & \text{dla ładunku powierzchniowego} \\ \rho dV & \text{dla ładunku objętościowego} \end{cases}$$

7 Strumień

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

gdzie \vec{A} to wektor powierzchni, a \vec{E} to pole elektryczne, które przechodzi przez tę powierzchnię.

7.1 Prawo Gaussa

Strumień pola elektrycznego przez dowolną zamkniętą powierzchnię jest proporcjonalny do ładunku znajdującego się wewnątrz tej powierzchni.

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{wewn}}{\epsilon_0}$$

7.2 Dywergencja