



Wrocław  
University  
of Science  
and Technology

# Fizyka

## semestr letni

### 2020/2021

**Grupa B: Piątek, 15:00 - 16:30**

**Grupa A: Piątek, 16:40 - 18:10**

**sala wirtualna**

**– zajęcia online**

**Sylwia Majchrowska**

**[sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl](mailto:sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl)**

**<https://majsylw.netlify.app/teaching/>**

**pokój 213, budynek L-1**



# Elektrostatyka

W tym dziale zajmujemy się ładunkami elektrycznymi, ich pochodzeniem, rodzajach oraz prawach rządzących oddziaływaniami między tymi ładunkami. Ważne będzie dla nas, jak można przekonać się o istnieniu ładunków i sprawdzić, od czego zależy siła ich wzajemnego oddziaływania. Nauczymy się także pewnej klasyfikacji materiałów ze względu na właściwości elektryczne oraz przedstawimy przykłady izolatorów i przewodników elektrycznych.

Zapoczątkujemy poznawanie siły elektrostatycznej działającej na wszystkie ciała obdarzone ładunkiem elektrycznym. Oddziaływanie elektrostatyczne jest znacznie silniejsze niż grawitacyjne (dla większości układów, dla których obie siły występują), z tym że może być przyciągające bądź odpychające, co stanowi istotną różnicę. Siła elektrostatyczna zespala atomy, ma więc fundamentalne znaczenie. Jest również odpowiedzialna za większość oddziaływań, z którymi mamy do czynienia na co dzień, od reakcji chemicznych po procesy biologiczne.





Wrocław  
University  
of Science  
and Technology



# Ładunek elektryczny

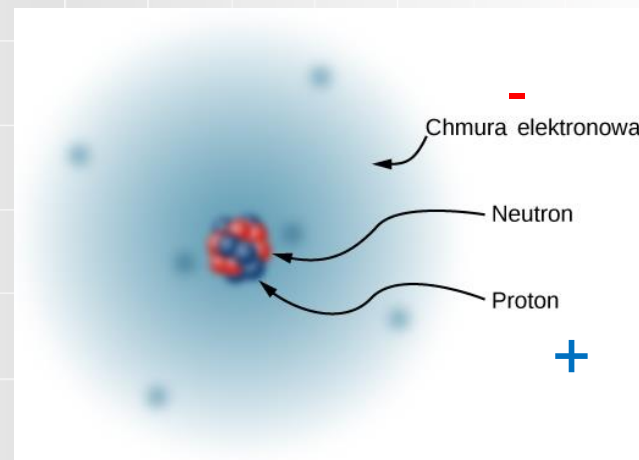
Ładunek elektryczny oznaczany jest najczęściej literą  $q$  lub  $Q$ .  
Jednostką ładunku elektrycznego jest kulomb; oznaczmy go literką „C”.

- **Ładunek jest skwantowany.** Oznacza to, że ładunek elektryczny jest wielkością dyskretną i istnieje najmniejsza porcja ładunku, jaką może posiadać ciało. W układzie jednostek SI ta najmniejsza porcja wynosi około  $e \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ . Żadna swobodna cząstka nie może mieć ładunku mniejszego niż ten i dlatego ładunek dowolnego ciała musi być całkowitą wielokrotnością tej porcji.
- **Wielkość ładunku nie zależy od jego rodzaju.** Inaczej mówiąc, najmniejszy możliwy ładunek dodatni (z dokładnością do czterech miejsc znaczących) wynosi  $+1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , a najmniejszy możliwy ładunek ujemny  $-1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ; ich wartości są identyczne. Takie po prostu są prawa fizyki w świecie.

$$Q = n \cdot e$$

Zasada zachowania ładunku

- **Ładunek jest zachowany.** Ładunek elektryczny nie może być stworzony ani zniszczony; może tylko zostać przeniesiony z jednego miejsca w drugie, z jednego ciała na drugie. Często mówimy, że ładunki „znoszą się”, to skrót myślowy. Oznacza, że gdy dwa ciała obdarzone równymi, ale przeciwnych znaków ładunkami znajdują się blisko siebie, to wówczas (przeciwnie skierowane) siły wywierane na inne naładowane ciała znoszą się, dając wypadkową siłę równą zero. Ważne, żeby zrozumieć, że ładunki ciał w żaden sposób nie znikają, natomiast całkowity ładunek we wszechświecie jest stały.



Do wykrywania ładunku elektrycznego służy elektroskop.

## ZASADA DZIAŁANIA ELEKTROSKOPU



Im większy ładunek tym większe rozchylenie listków.

- **Ładunek jest zachowany w układach izolowanych.** W zasadzie, gdy ujemny ładunek zniknie z twojego laboratorium i pojawi się na Księżycu, to zasada zachowania ładunku jest spełniona. Jednak tak się nigdy nie dzieje. Jeżeli całkowity ładunek, jaki znajduje się w lokalnym układzie na twoim stole laboratoryjnym zmienia się, to istnieje mierzalny przepływ ładunku do lub z układu. Ponownie, ładunki przemieszczają się, a ich wpływy znoszą się, ale całkowity ładunek w twoim otoczeniu (jeżeli jest izolowane) zostaje zachowany. Ostatnie dwa punkty odnoszą się do zasady zachowania ładunku. W układzie izolowanym elektrycznie nie dochodzi do wymiany ładunków z otoczeniem.



# Przykład 1.1

## Zasada zachowania ładunku

Kropla rtęci posiadająca ładunek  $Q_r = 1 \text{ mC}$  spadła do naelektryzowanego pojemnika o ładunku  $Q_p = -5 \text{ C}$ . Jaki teraz jest ładunek pojemnika z rtęcią?

$$Q = Q_r + Q_p = -5\text{C} + 0.001\text{C} = -4.999\text{C}$$

Zasada zachowania ładunku pozwala wyjaśnić przebieg wielu zjawisk, do których należą: elektryzowanie ciał (przez tarcie, dotyk i indukcję), zasady rządzące przepływem prądu elektrycznego (pierwsze prawo Kirchhoffa) i wiele zjawisk w mikroświecie, np. reakcje jądrowe.





# Przewodniki i izolatory

Najbardziej zewnętrzny elektron jest luźno związany z jądrem atomowym. Może być on łatwo oderwany, może się przemieścić na sąsiedni atom. W dużym skupisku atomów miedzi (takim jak miedziany drut czy miedziana płyta) te olbrzymie ilości zewnętrznych elektronów (jeden na atom) wędrują od atomu do atomu i są tymi elektronami, które się przemieszczają, gdy mamy do czynienia z przepływem prądu elektrycznego. Te wędrowne, swobodne elektrony nazywamy elektronami przewodnictwa (ang. conduction electrons) i dlatego miedź jest doskonałym przewodnikiem (ang. conductor) ładunków elektrycznych. Wszystkie pierwiastki przewodzące mają podobny układ elektronów z jednym lub dwoma elektronami przewodnictwa. Dotyczy to większości metali.



Przeciwnie izolatory (ang. insulator) – to materiały, w których brak elektronów przewodnictwa; ładunek przepływa przez nie z bardzo dużą trudnością, o ile w ogóle. Nawet gdy wprowadzimy do izolatora dodatkowy ładunek, to nie przemieszcza się on, pozostając w danym miejscu na stałe. To dlatego izolatory doświadczają przyciągania i odpychania elektrostatycznego, opisanego wcześniej, podczas gdy metale nie. Każdy dodatkowy ładunek umieszczony na przewodniku odpłynie (wskutek odpychania się ze znajdującymi się tam ładunkami), nie pozostawiając żadnego nadmiarowego ładunku, który mógłby być źródłem siły elektrostatycznej. Ładunek nie może przepływać przez izolator, zatem siły elektrostatyczne pochodzące od tego zlokalizowanego ładunku mogą działać przez długi czas. (Po dostatecznie długim czasie ten ładunek zniknie z izolatora). Bursztyn, futra i większość kamieni półszlachetnych są izolatorami, podobnie jest z drewnem, szkłem i plastikiem.



# Przykład 1.2

## Przewodniki, półprzewodniki, izolatory

Przyporządkuj wypisane substancje (przedmioty) do odpowiedniej kategorii.

### Przewodniki

aluminiowy drucik ➡

grafit ➡

wodny roztwór kwasu siarkowego ➡

miedź ➡

złoty pierścionelek ➡

### Izolatory

plastikowa rurka ➡

drewniany blat stołu ➡

szklanka ➡

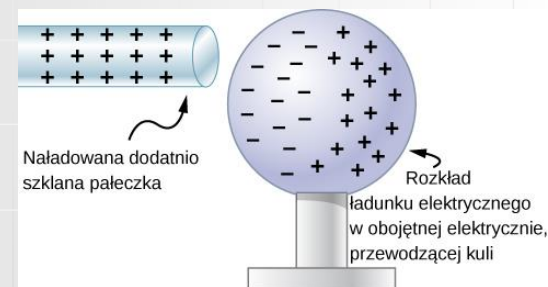
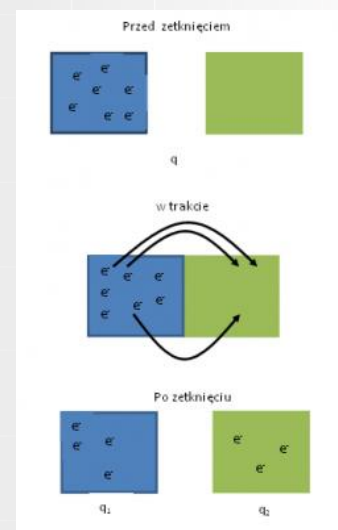
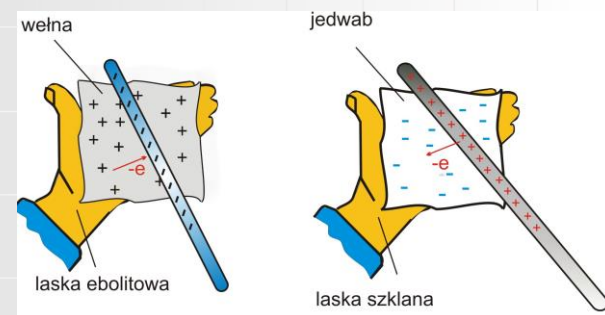
styropianowy kubek ➡

kawałek papieru ➡



# Elektryzowanie ciał

1. Elektryzowanie ciał przez tarcie polega na pocieraniu (oddziaływaniu mechanicznym) o siebie dwóch ciał, pierwotnie obojętnych elektrycznie. Pewna liczba elektronów (obdarzonych ładunkiem ujemnym) przechodzi wtedy z jednego ciała do drugiego. W efekcie na jednym ciele powstanie nadmiar elektronów, czyli ładunku ujemnego, a na drugim – nadmiar ładunku dodatniego (niedobór elektronów). Ostatecznie oba ciała są naelektryzowane ładunkami o tej samej wartości, ale przeciwnym znaku.
2. Elektryzowanie przez dotyk polega na dotknięciu ciała pozbawionego ładunku ciałem naelektryzowanym. Jeżeli jest ono naładowane dodatnio, to elektrony przechodzą z ciała obojętnego elektrycznie na ciało naelektryzowane. Jeżeli naelektryzowane ciało jest naładowane ujemnie, to elektrony przechodzą z niego na ciało obojętne elektrycznie. W efekcie na obu ciałach gromadzi się ładunek elektryczny tego samego znaku. *Uwaga: elektryzowanie przez dotyk musi być poprzedzone przemieszczeniem się ładunku w ciele, które chcemy naelektryzować.*
3. Elektryzowanie przez indukcję polega na zbliżeniu (na pewną odległość) ciała naładowanego do innego ciała. W efekcie następuje przemieszczanie się elektronów swobodnych: bliżej ciała naelektryzowanego gromadzi się (indukuje) ładunek o znaku przeciwnym niż ładunek ciała naelektryzowanego, a na przeciwnej stronie tego ciała – ładunek mający taki sam znak. Efekt ten znika, gdy oddalimy ciało naelektryzowane.





# Prawo Coulomba

Dwie naelektryzowane kule przyciągają się wzajemnie siłą wprost proporcjonalną do iloczynu ładunków, a odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości między środkami tych kul.

Kierunek działania siły oddziaływania ładunków wyznacza prosta przechodząca przez oba te ładunki. Ładunki jednoimienne odpychają się, ładunki różnoimienne przyciągają się.

Prawo Coulomba zostało opublikowane w 1785 roku przez francuskiego fizyka Charlesa Coulomba.

- Siła elektrostatyczna zależy od iloczynu ładunków. Na przykład: jeżeli ładunek każdej z cząstek wzrośnie 2 razy to siła elektrostatyczna wzrośnie 4 razy ( $2 \times 2$ )
- Siła elektrostatyczna zmniejsza się z kwadratem odległości pomiędzy cząstkami. Na przykład: jeżeli odległość pomiędzy cząstkami wzrośnie 10 razy to siła elektrostatyczna zmaleje 100 razy ( $10^2$ )
- Oddziaływanie ładunków zależy od ośrodka, w jakim znajdują się ładunki. W próżni oddziaływanie to będzie silniejsze niż powietrzu, szkłe czy wodzie.

*1 kulomb (1 C) to ładunek elektryczny przenoszony w czasie 1 sekundy (1 s) przez prąd o natężeniu wynoszącym 1 amper (1 A)*

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

**k w próżni**

$$k = 8,9875 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2}$$

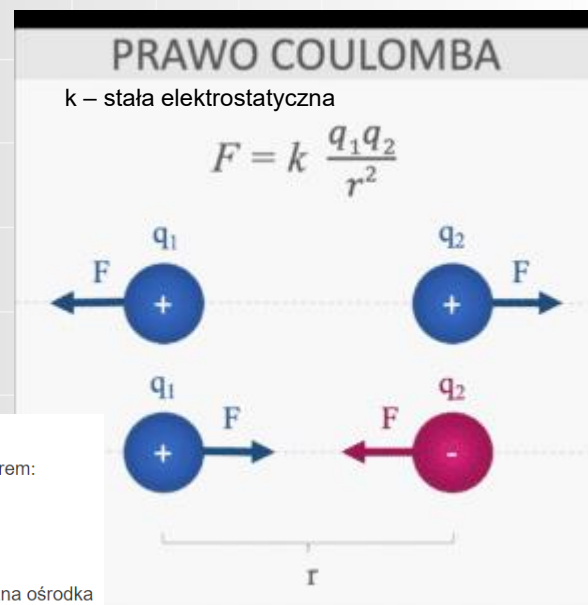
Stała elektrostatyczna wyraża się wzorem:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}$$

$\epsilon$  – przenikalność elektryczna ośrodka

$\epsilon_r$  – względna przenikalność elektryczna ośrodka

$\epsilon_0$  – przenikalność elektryczna próżni



Rozpatrzmy swobodną cząstkę o masie m i ładunku q wprowadzoną bez prędkości początkowej w centralne pole elektryczne wytworzone przez punktowy ładunek Q+. Pole elektryczne wykona nad nią pracę. Będzie to praca wykonana przez zmieniającą się siłę elektrostatyczną (patrz rysunek z lewej strony). Obliczymy ją analogicznie jak w przypadku pola grawitacyjnego.

$$W = F_{\text{st}} \Delta r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_1 r_2} (r_1 - r_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_1}$$

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r}$$

**Energia potencjalna** jest dodatnia dla ładunków jednoimiennych, a ujemna dla różnoimiennych.





# Pole elektryczne

Ładunki zmieniają elektryczne własności przestrzeni wokół siebie. Umieszczone w tej przestrzeni inne ładunki podlegają działaniu sił elektrycznych. Mówimy, że wokół ładunku istnieje pole elektryczne (podobnie, jak w przypadku pola grawitacyjnego). Powiemy więc, że pole elektryczne, to przestrzeń, w której działają siły elektryczne. W celu opisu pól i porównywania ich własności definiujemy wielkość wektorową, natężenie pola elektrycznego:

Natężenie pola jest to wektor o kierunku i zwrocie siły działającej na ładunek dodatni.

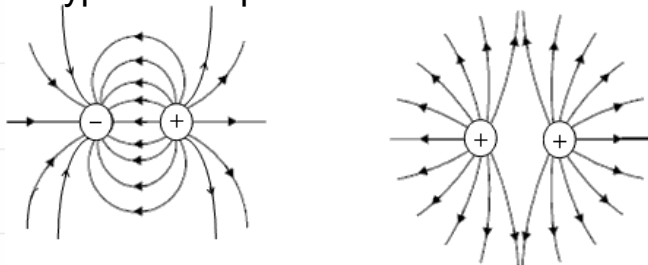
Jeśli w danym miejscu znajduje się wiele ładunków, to obowiązuje zasada superpozycji pól elektrycznych: natężenie wypadkowe jest równe sumie wektorowej natężeń pól składowych:  $E = E_1 + E_2 + \dots$

natężenie pola elektrycznego jest to stosunek siły elektrycznej, działającej na dodatni ładunek punktowy, do wartości tego ładunku.

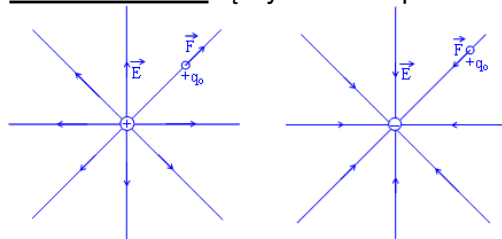
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad 1[E] = 1\frac{N}{C}$$

natężenie pola elektrycznego jest jednostkowe, jeśli na dodatni ładunek 1C działa siła elektryczna 1N.

Wypadkowe pola dwóch ładunków

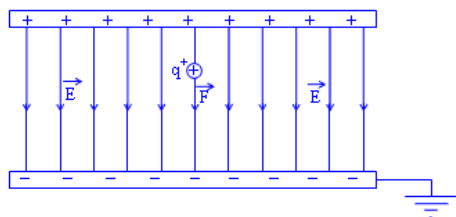


Pola centralne są wytwarzane przez ładunki punktowe.



$$E = \frac{F}{q} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2}}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \Rightarrow E \sim \frac{1}{r^2}$$

Pole jednorodne powstaje między dwiema równoległymi, naelektryzowanymi płytami.



Gdy wektory natężenia pola elektrycznego w każdym punkcie przestrzeni wokół naładowanego ciała mają taką samą wartość, kierunek oraz zwrot, to wówczas pole elektryczne utworzone przez takie ciało, nazywamy jednorodnym. Linie pola dla jednorodnego pola elektrycznego są zawsze względem siebie równoległe. Dodatkowo, odległość pomiędzy nimi jest zawsze taka sama. Gdy wektory mają różną wartość, kierunek i zwrot mówimy wówczas o niejednorodnym polu elektrycznym.



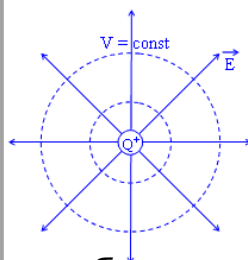
# Potencjał elektryczny

Natężenie pola elektrycznego informuje jakie siły elektryczne będą w danym miejscu pola elektrycznego działać na określony ładunek. Przydatną jest wielkość fizyczna, która mówiłaby jaką energię potencjalną posiada ładunek w tym miejscu. Jest nią potencjał elektryczny:

$$V = \frac{E_p}{q}$$

Jego jednostką jest jeden wolt:

$$1V = 1 \frac{J}{C}$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

gęstość ładunku  $\sigma$  (na powierzchni w C/m<sup>2</sup>)

Wokół ładunku punkowego i naelektryzowanego przewodnika kołowego istnieją tzw. **powierzchnie ekwipotencjalne**. Są to powierzchnie, na których potencjał ma stałą wartość. Praca pola nad ładunkiem przeniesionym po powierzchni ekwipotencjalnej jest  $W = q(V - V) = 0$ .

Centralne pole elektryczne wykonuje nad przemieszczającym się ładunkiem pracę:

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r_1} = q \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_1} \right) = q(V_2 - V_1)$$

$$W = qU$$

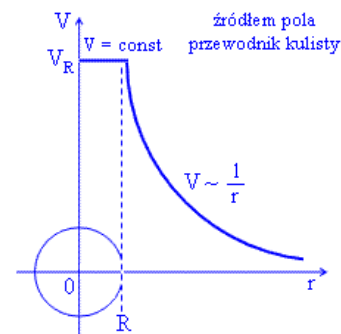
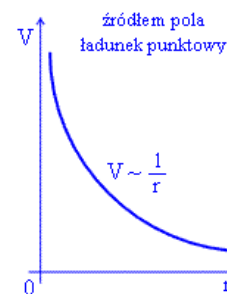
gdzie:  $U = V_2 - V_1$  - to napięcie elektryczne.

Potencjał centralnego pola elektrycznego jest:

$$V = \frac{E_p}{q} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r}}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

Zależność potencjału od odległości, dla ładunku punkowego dodatniego i dodatnio naelektryzowanej kuli, przedstawiają rysunki z prawej strony. Z drugiego rysunku wynika, że **potencjał wewnątrz kuli przewodzącej jest stały** i taki jak na jej powierzchni. Jest tak dlatego, że skoro wewnątrz niej natężenie pola  $E$  jest równe zero, to przeniesienie ładunku wewnątrz nie wymaga wykonania pracy (nie działają siły elektryczne), czyli:

$$W = F\Delta r = qE\Delta r = 0 = qU = q(V_2 - V_1) \Rightarrow V_1 = V_2$$

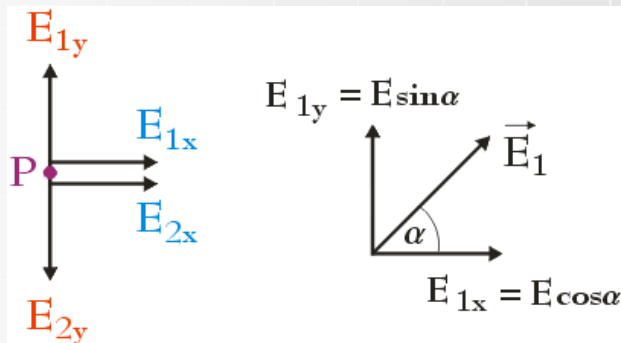




# Przykład 1.3

## Natężenie pola elektrycznego

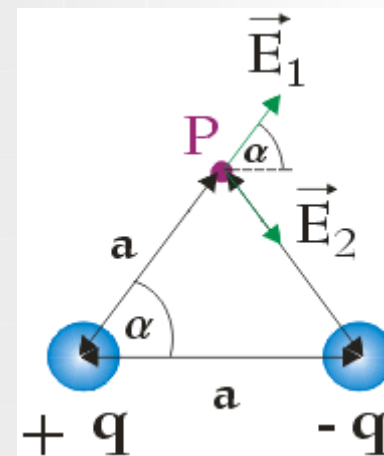
Oblicz natężenie pola elektrostatycznego w punkcie P, pochodzącego od układu ładunków pokazanego na poniższym rysunku:



Ponieważ wartość ładunków jest jednakowa, odległość dzieląca obydwa ładunki od punktu P przyjmuje taką samą wartość, a obydwa wektory nachylone są pod takim samym kątem względem punktu P, dlatego też składowe x i y wektorów i są sobie równe:

$$E_{1x} = E_{2x}, E_{1y} = E_{2y}.$$

Zgodnie z powyższym rysunkiem składowe  $E_{1y}$  i  $E_{2y}$  mają przeciwnie zwroty, w związku z czym ich suma jest równa zero. Składowe  $E_{1x}$  i  $E_{2x}$  są zwrócone w tym samym kierunku i to właśnie ich suma pozwoli nam obliczyć wartość wypadkowego natężenia pola w punkcie P.



$$E_{wyp} = E_{1x} + E_{2x} = E_1 \cos \alpha + E_2 \cos \alpha = 2E_1 \cos \alpha$$

Układ tworzony przez ładunki  $+q$  i  $-q$  oraz punkt P to trójkąt równoboczny, więc  $\alpha = 60^\circ$

$$E = \frac{kq}{a^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$E_{wyp} = 2 * \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2} * \cos 60^\circ = 2 * \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2} * \frac{1}{2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$



# Przykład 1.4

## Potencjał elektryczny

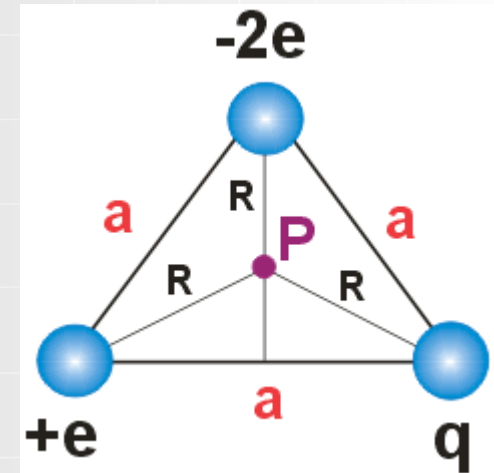
W dwóch wierzchołkach znajdującego się w próżni trójkąta równobocznego umieszczono ładunki  $+e$  i  $-2e$ . Jaki ładunek należy umieścić w trzecim wierzchołku, aby potencjał pola elektrycznego w geometrycznym środku trójkąta wynosił zero?

Wielkością szukaną jest wartość ładunku  $q$ , dla którego potencjał elektryczny w punkcie  $P$  jest równy  $V = 0$ . Potencjał pola elektrycznego to wielkość skalarna wyrażona wzorem:  $V = k \frac{q}{r}$ , gdzie  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ ,  $q$  – ładunek elektryczny, a  $r$  odległość ładunku od punktu, w którym wyliczamy potencjał pola.

$$V = k \frac{e}{R} + k \frac{-2e}{R} + k \frac{q}{r} = 0$$

$$\frac{k}{R} (e - 2e + q) = 0 \rightarrow e - 2e + q = 0$$

$$q = 2e - e = e$$





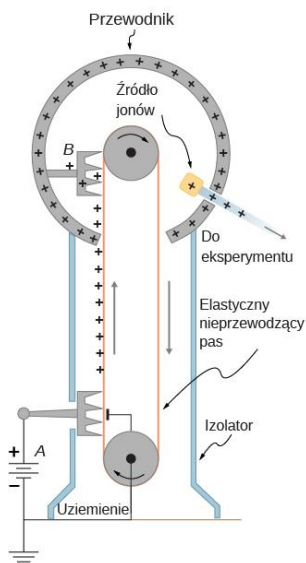
# Strategia rozwiązywania zadań: elektrostatyka

1. Zbadaj zadanie pod kątem tego, czy dotyczy zagadnień z elektrostatyki; w tym celu zastanów się, czy masz do czynienia z układem pojedynczych i nieruchomych ładunków, z siłami między nimi i polami przez nie wytwarzanymi.
2. Zidentyfikuj, jak wygląda układ ładunków: jaka jest ilość, położenie i rodzaj ładunków? Może okazać się potrzebny schematyczny rysunek z przedstawieniem sytuacji fizycznej.
3. Określ, co dokładnie ma zostać obliczone (jakie są niewiadome). Przydatna może być lista szukanych, jeśli jest ich więcej. Określ, czy występuje siła Coulomba – jeśli tak, warto naszkicować przebieg linii pola i określić wektor siły.
4. Wypisz, jakie wielkości są znane na podstawie treści zadania (jakie są dane). Zwróć uwagę szczególnie na rozróżnienie między siłą Coulomba  $F$  a natężeniem pola  $E$ .
5. Rozwiąż odpowiednie równanie ze względu na niewiadomą, podstaw dane i oblicz wartości. Jeśli to konieczne, zrób rysunek ilustrujący wynik.
6. Oceń, czy otrzymany rezultat ma sens fizyczny? Czy jednostki są prawidłowe i wartość liczbowa jest prawdopodobna?





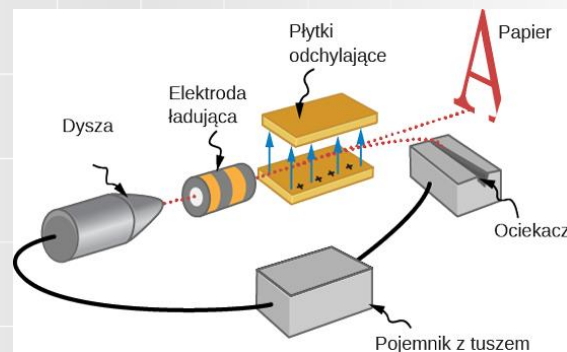
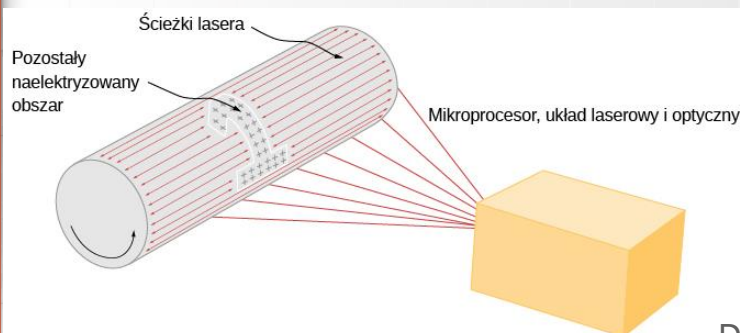
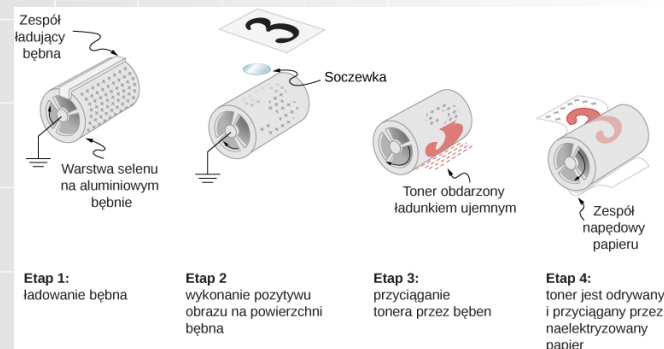
# Zastosowanie elektrostatyki



Generatory Van de Graaffa (ang. Van de Graaff generator) nie są tylko urządzeniami do spektakularnych demonstracji z użyciem wysokiego napięcia, wytworzonego przez zgromadzony na kopule ładunek elektryczny, ale służą do poważnych badań naukowych. Pierwsze tego typu urządzenie zostało skonstruowane w 1931 roku przez Roberta Van de Graaffa, amerykańskiego fizyka i wynalazcę, na podstawie pomysłu Lorda Kelvina i znalazło swoje zastosowanie w fizyce jądrowej.

Generator Van de Graaffa:

<https://www.youtube.com/watch?v=fLBHg5joXHY>



Drukarka:

[https://www.youtube.com/watch?v=Wylm7a9Q\\_-U](https://www.youtube.com/watch?v=Wylm7a9Q_-U)

<https://www.youtube.com/watch?v=nCmpGoEaqvk>



# Słowniczek

## **ciągły rozkład ładunku (ang. continuous charge distribution)**

– ładunek źródłowy składający się z tak dużej liczby ładunków elementarnych, że powinien być traktowany raczej jako rozkład ciągły niż dyskretny

## **dipol (ang. dipole)**

– układ dwóch równych, różnoimiennych ładunków znajdujących się obok siebie

## **elektron (ang. electron)**

– cząstka elementarna o najmniejszej masie i najmniejszym niepodzielnym ujemnym ładunku elektrycznym

## **elektryczność statyczna (ang. static electricity)**

– pojawianie się ładunku elektrycznego na powierzchni ciał; rozmieszczenie ładunku na powierzchni jest stałe

## **elektryzowanie przez indukcję (ang. charging by induction)**

– zjawisko, w którym obdarzone ładunkiem elektrycznym ciało zbliżone do obojętnego elektrycznie ciała powoduje rozdzielenie ładunków w tym ciele

## **elektron przewodnictwa (ang. conduction electron)**

– elektron w metalu, który może przemieszczać się, tzn. nie jest związany z żadnym atomem

## **elektrostatyka (ang. electrostatics)**

– dział fizyki zajmujący się badaniem naładowanych ciał, które się nie poruszają

## **gęstość linii pola elektrycznego (ang. field line density)**

– liczba linii pola na metr kwadratowy przechodzących przez wirtualną powierzchnię; ma na celu pokazanie natężenia pola elektrycznego w różnych punktach przestrzeni



# Słowniczek

**elektryczna energia potencjalna (ang. electric potential energy)**

– energia potencjalna zgromadzona przez układ ładunków elektrycznych, pochodząca od oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami

**izolator (ang. insulator)**

– materiał, w którym elektrony są związane na swoich orbitach elektronowych

**jon (ang. ion)**

– atom lub cząsteczka z liczbą elektronów większą lub mniejszą niż liczba protonów

**kulomb (ang. coulomb)**

– jednostka ładunku w układzie SI

**liniowa gęstość ładunku (ang. linear charge density)**

– ilość ładunku przypadająca na jednostkę długości jednowymiarowego rozkładu ładunku (szerokość i wysokość są wielokrotnie mniejsze niż jego długość); jednostką jest C/m

**linie pola elektrycznego (ang. field lines)**

– gładkie, zazwyczaj zakrzywione linie, które obrazują kierunek natężenia pola elektrycznego

**ładunek elektryczny (ang. electric charge)**

– właściwość ciała, która sprawia, że jest ono przyciągane lub odpychane od innych ciał obdarzonych ładunkiem; każdy obiekt naładowany ładunkiem elektrycznym wytwarza siłę elektrostatyczną i doznaje jej działania

**neutron (ang. neutron)**

– obojętna elektrycznie cząstka występująca w jądrze atomowym o masie (prawie) identycznej jak masa protonu



# Słowniczek

**potencjał elektryczny (ang. electric potential)**

– energia potencjalna przypadająca na jednostkę ładunku

**powierzchnia ekwipotencjalna (ang. equipotential surface)**

– powierzchnia (najczęściej w trzech wymiarach), której wszystkie punkty mają jednakowy potencjał

**różnica potencjałów elektrycznych (ang. electric potential difference)**

– zmiana energii potencjalnej ładunku  $q$  przy przemieszczeniu między dwoma punktami, podzielona przez wielkość tego ładunku

**uziemienie (ang. grounding)**

– działanie polegające na połączeniu przewodnika z Ziemią, mające na celu zapewnienie, że nie występuje różnica potencjałów między przewodnikiem a powierzchnią Ziemi

**nieskończona naładowana płaszczyzna (ang. infinite plane)**

– płaska płyta o rozmiarach wielokrotnie większych od jej grubości i wielokrotnie większych niż odległość do punktu, w którym obliczamy natężenie pola elektrycznego; to pole jest stałe

**nieskończenie długi, prosty drut (ang. infinite straight wire)**

– prosty drut, którego długość jest wielokrotnie większa od jego pozostałych wymiarów i wielokrotnie większa niż odległość do punktu, w którym obliczamy natężenie pola elektrycznego

**– odpychanie elektrostatyczne (ang. electrostatic repulsion)**

zjawisko odpychania się dwóch ciał posiadających ładunki tego samego znaku

**objętościowa gęstość ładunku (ang. volume charge density)**

– ilość ładunku przypadająca na jednostkę objętości trójwymiarowego rozkładu ładunku; jednostką jest  $C/m^3$

**przyciąganie elektrostatyczne (ang. electrostatic attraction)**

– zjawisko przyciągania się dwóch ciał posiadających ładunki elektryczne przeciwnego znaku

**proton (ang. proton)**

– cząstka występująca w jądrze atomowym posiadająca dodatni ładunek elektryczny równy co do wartości ujemnemu ładunkowi elektronu

**przewodnik (ang. conductor)**

– materiał, w którym elektrony mogą samodzielnie opuścić orbity atomowe i swobodnie przemieszczać się w całej objętości materiału



# Słowniczek

## **polaryzacja (ang. polarization)**

– rozsuniecie dodatnich i ujemnych ładunków elektrycznych na przeciwne krańce ciała

## **prawo Coulomba (ang. Coulomb's law)**

– równanie pozwalające obliczyć wektor siły elektrostatycznej działającej pomiędzy dwiema naładowanymi cząsteczkami

przenikalność elektryczna próżni (ang. permittivity of vacuum)

– stała charakteryzująca siłę elektrostatyczną w próżni, nazywana również przenikalnością wolnej przestrzeni

## **pole elektryczne (ang. electric field)**

– wielkość fizyczna, która pozwala na obliczanie siły działającej na dowolny ładunek próbny i jest niezależna od ładunku próbnego

## **powierzchniowa gęstość ładunku (ang. surface charge density)**

– ilość ładunku przypadająca na jednostkę powierzchni dwuwymiarowego rozkładu ładunku (mała grubość); jednostką jest  $C/m^2$

## **siła elektryczna (ang. electric force), siła Coulomba (ang. Coulomb force)**

– oddziaływanie na odległość pomiędzy ciałami obdarzonymi ładunkami elektrycznymi

## **siła elektrostatyczna (ang. electrostatic force)**

– wartość i zwrot oddziaływania przyciągającego lub odpychającego pomiędzy dwoma naładowanymi ciałami przy założeniu, że ładunki źródłowe są zlokalizowane, nie poruszają się

## **superpozycja (ang. superposition)**

– podejście, w którym wypadkowe natężenie pola elektrycznego od układu wielu ładunków źródłowych wyznacza się jako sumę wektorową natężeń pól obliczonych dla każdego z ładunków z osobna

## **zasada zachowania ładunku (ang. law of conservation of charge)**

– całkowity ładunek w układzie izolowanym od otoczenia pozostaje stały

## **zasada superpozycji (ang. principle of superposition)**

– użyteczna reguła pozwalająca sumować siły pochodzące od wszystkich ładunków działających na dane ciało

## **linia ekwipotencjalna (ang. equipotential line)**

– dwuwymiarowa reprezentacja powierzchni stałego potencjału

## **napięcie elektryczne (ang. voltage)**

– inaczej: różnica potencjałów, czyli zmiana energii potencjalnej ładunku przemieszczonego od jednego punktu do drugiego, podzielona przez ładunek; jednostką jest wolt, czyli dżul na kulomb





Wrocław  
University  
of Science  
and Technology

# Terminy

	LUTY	MARZEC					KWIECIEŃ					MAJ					CZERWIEC				LIPIEC	
PN	22	1	8	15	22	29	5	12 Pn N	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5		
WT	23	2	9	16	23	30 Pt P	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6		
ŚR	24	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2 Cz P	9	16	23	30	7		
CZ	25	4	11	18 H1	25 H2	1	8 H3	15 H4	22 H5	29 H6	6 H7	13 H8	20 H9	27 H10	3	10	17	24	1	8		
PT	26	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9		
SO	27	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10		
N	28	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11		
P - PARZYSTY N - NIEPARZYSTY	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P		

Email: [sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl](mailto:sylwia.majchrowska@pwr.edu.pl)