

## ELEKTROSTATYKA

• prawo Coulomba; • pole elektryczne: natężenie, potencjał, energia; • obliczanie natężenia pola - zasada superpozycji; • strumień pola; • prawo Gaussa i jego zastosowanie w obliczeniach pola

1. Oddziaływania elektryczne są wielokrotnie silniejsze od grawitacyjnych, aby to zilustrować wykonaj następujące obliczenie. Elektron (masa  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, ładunek  $e = -1.6 \cdot 10^{-19}$  C) i druga cząstka o takim samym ładunku i masie  $M$  znajdują się w odległości  $r$  (dowolnej). Oblicz jaką masę  $M$  musiałaby mieć cząstka, aby układ był w równowadze. Stała grawitacji  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ , stała w prawie Coulomba  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ , obie stałe w jednostkach układu SI.
2. Zgodnie z prawem Coulomba dwa ładunki punktowe  $Q$ ,  $q$  odległe o  $r$  oddziałują wzajemnie siłami  $\vec{F} = k \frac{Qq}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ . a) Znajdź energię potencjalną układu, przyjmując, że jest ona równa zero gdy ładunki są nieskończenie daleko od siebie. Narysuj wykresy  $E_p(r)$  dla przypadków ładunków jednoimiennych i różnoimiennych. b) Podaj wzór na potencjał pola elektrycznego wytworzonego przez  $Q$  w odległości  $r$ .
3. Dwa ładunki elektryczne  $+Q$  i  $-Q$  znajdują się w odległości  $d$ . Znajdź: a) natężenie pola elektrycznego  $\mathbf{E}$ , b) potencjał  $V$  w środku odcinka łączącego ładunki. c) Oblicz wartości  $E$  i  $V$  (w jednostkach układu SI) dla  $Q = 10^{-8}$  C,  $d = 1$  m,  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  C<sup>2</sup>N<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>.
4. Znaleźć siłę działającą na ładunek punktowy  $10^{-8}$  C, znajdujący się w środku półokręgu o promieniu 5 cm, na którym znajduje się równomiernie rozłożony ładunek  $Q = 3 \cdot 10^{-7}$  C.
5. Drut w kształcie okręgu o promieniu  $a$  naładowany jest jednorodnie ładunkiem  $q$ . a) Znaleźć natężenie pola elektrycznego  $\mathbf{E}$  na osi tego pierścienia, w odległości  $x$  od jego środka. b) Pokazać, że maksymalna wartość  $\mathbf{E}$  przypada dla  $x = \frac{a}{\sqrt{2}}$ . c) Pokazać, że dla  $x \gg a$  uzyskuje się wzór identyczny jak dla ładunku punktowego.
6. Dla danych z zadania poprzedniego oblicz najpierw potencjał  $V(x)$ , a następnie znajdź  $\mathbf{E}(x)$  wykorzystując związek  $\mathbf{E} = -\text{grad } V(x)$ .
7. Pokazać jak z prawa Gaussa wynika prawo Coulomba.
8. W jednorodnym polu  $\vec{E}$  umieszczona jest półsfera  $S$  o promieniu  $R$  tak, że jej oś symetrii jest równoległa do linii pola. Pokaż, że strumień pola elektrycznego przechodzący przez półsferę wynosi:  $\Phi_E = \pi R^2 E$ . (wskaz: zamknij półsferę denkiem i do takiej powierzchni zamkniętej zastosuj prawo Gaussa)
9. Stosując prawo Gaussa wyprowadzić wzory określające natężenie pola elektrycznego wokół:
  - a) naładowanej jednorodnie metalowej (przewodzącej) płaszczyzny, a także dla naładowanej jednorodnie dużej płyty dielektrycznej,
  - b) jednorodnie naładowanego, nieskończenie długiego, cienkiego pręta,
  - c) kuli o promieniu  $R$  naładowanej objętościowo i jednorodnie (stała gęstość ładunku), dla punktów wewnętrznych i zewnętrznych i to samo ale dla kuli metalowej (przewodnik),
  - d) wewnątrz i na zewnątrz cylindrycznego kondensatora o nieskończonej długości i o promieniach okładek  $r_1$  i  $r_2$ , przyjmując, że ładunek przypadający na jednostkę długości każdego z cylindrów wynosi  $\lambda$ . Wykonać wykresy  $E(r)$  dla poszczególnych przypadków.
10. Znajdź natężenie pola elektrycznego wokół jednorodnie naładowanego, nieskończenie długiego, cienkiego pręta (pkt.b z poprzedniego zadania) stosując zasadę superpozycji.
11. Nieskończona płyta jest naładowana z powierzchniową gęstością ładunku  $\sigma = 10^{-7}$  Cm<sup>-2</sup>. W jakiej odległości od siebie znajdują się powierzchnie ekwipotencjalne, których potencjały różnią się od siebie o 5 V? Czy są one równoodległe?