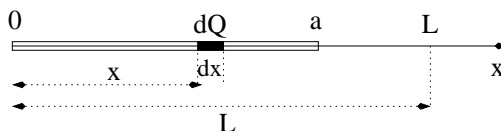


Pole elektryczne ładunku punkowego, natężenie, potencjał, energia potencjalna układu ładunków, prawo Coulomba, składanie pól (zasada superpozycji)

1. a) Jak definiuje się natężenie pola elektrycznego \vec{E} ?
b) Jak definiuje się (poprzez pracę) potencjał pola elektrostatycznego V ? Pokaż, że potencjał pola elektrycznego wytworzonego przez ładunek punkowy Q wynosi w odległości r od ładunku $V(r) = k \frac{Q}{r}$ (przy umowie, że potencjał w ∞ jest równy zero).
2. Pokaż, że energia potencjalna układu dwóch ładunków punkowych q_1, q_2 oddległych o r wynosi $E_p(r) = k \frac{q_1 q_2}{r}$. Naskicuj wykresy tej funkcji w zależności od znaków ładunków.
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, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ C²N⁻¹m⁻². (odp: $8k \frac{Q}{d^2}$, 0)
4. Pole elektrostatyczne ładunku punkowego. Ile wynosi natężenie pola elektrycznego E w odległości 1 m od ładunku $q = 10^{-8}$ C? Ile wynosi potencjał V w tym miejscu? Jaka jest energia potencjalna układu, jeśli w odległości 1 m znajdzie się drugi ładunek $q_1 = -2 \cdot 10^{-8}$ C?
5. W każdym wierzchołku trójkąta równobocznego o boku 20 cm umieszczono elektron. a) Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w środku boku tego trójkąta. b) Oblicz w tym miejscu potencjał. c) Oblicz energię potencjalną takiego układu. Dane: $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ C² N⁻¹m⁻².
6. Przykład:

Na cienkim pręcie o długości a rozłożony jest równomiernie ładunek dodatni Q . Znajdź natężenie pola elektrycznego E w odległości L , jak na rysunku.



Wprowadzamy oś współrzędnych x wzdłuż pręta; zero osi - na lewym końcu pręta.

Wybermy mały fragment pręta o długości dx , leżący w odległości x od początku pręta. Na tym kawałku znajduje się ładunek dQ . Możemy ten ładunek zapisać posługując się proporcją (wynikającą z założenia o stałej gęstości liniowej ładunku na pręcie):
 $dQ : Q = dx : a$, czyli $dQ = \frac{Q}{a} dx$.

Prawo Coulomba daje nam przepis jak zapisać natężenie pola jeśli by był tylko ten jeden ładunek punkowy dQ ; to pole w punkcie L wynosi: $dE = k \frac{dQ}{(L-x)^2}$. Ponieważ takich naładowanych fragmentów pręta jest wiele, w różnych odległościach x , a każdy z fragmentów daje swój przyczynek, więc trzeba te nieskończenie małe przyczynki dE od poszczególnych fragmentów obliczać dla wszystkich możliwych x , czyli od 0 do a , a potem wszystkie zsumować (zasada superpozycji pól). Matematycznie oznacza to całkowanie :

$$E = \text{suma}(dE) = \int_{x=0}^a dE = \int_0^a k \frac{Q}{a} \frac{dx}{(L-x)^2} = \dots$$

Pokaż samodzielnie, że wynik jest:

$$E = k \frac{Q}{L(L-a)}.$$

7. Dipol elektryczny. Dwa ładunki, dodatni i ujemny, o równej wielkości q , oddalone od siebie o $2a$ nazywane są dipolem. Naskicuj linie pola i powierzchnie ekwipotencjalne. Znajdź natężenie pola E i potencjał V : a) w środku dipola, b) w punkcie oddległym o a od środka i leżącym na prostopadłej do dipola, przechodzącej przez środek.
8. Cienki pręt zgięto w kształcie okręgu o promieniu $R = 10$ cm i naładowano jednorodnie ładunkiem $q = 10^{-8}$ C. Znajdź \vec{E} na osi okręgu, w odległości $x = 0.5$ m od płaszczyzny, na której leży okrąg.
Wskaz: Halliday, najpierw pokaż, że $E = k \frac{qx}{\sqrt{r^2 + x^2}^3}$
9. Znaleźć siłę działającą na ładunek punkowy 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. odp: $\frac{2kqQ}{\pi r^2}$.