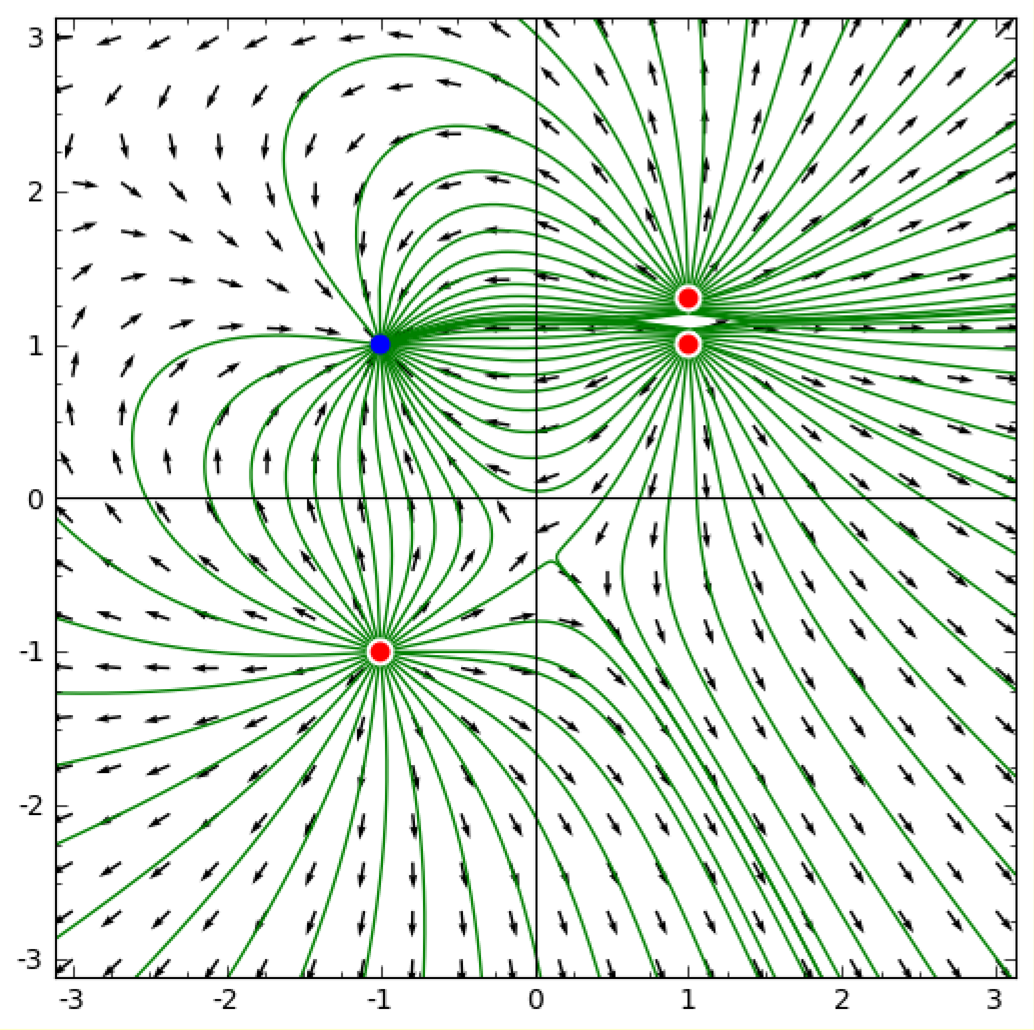
Superpozycja pól elektrostatycznych



dr inż. ***Romuald Kędzierski***

Przypomnienie

1. Natężenie pola elektrycznego jest wielkością wektorową.

2. Ładunek próbny – ładunek dodatni o bardzo małej wartości (w kulombach).

3. Wartość natężenia pola elektrycznego informuje, ile wynosiłaby wartość siły elektrycznej działającej na ciało posiadające ładunek 1 kulomba umieszczone w danym punkcie pola elektrycznego.

4. Kierunek wektora natężenia pola elektrycznego jest zawsze styczny do linii sił pola elektrycznego w danym jego punkcie.

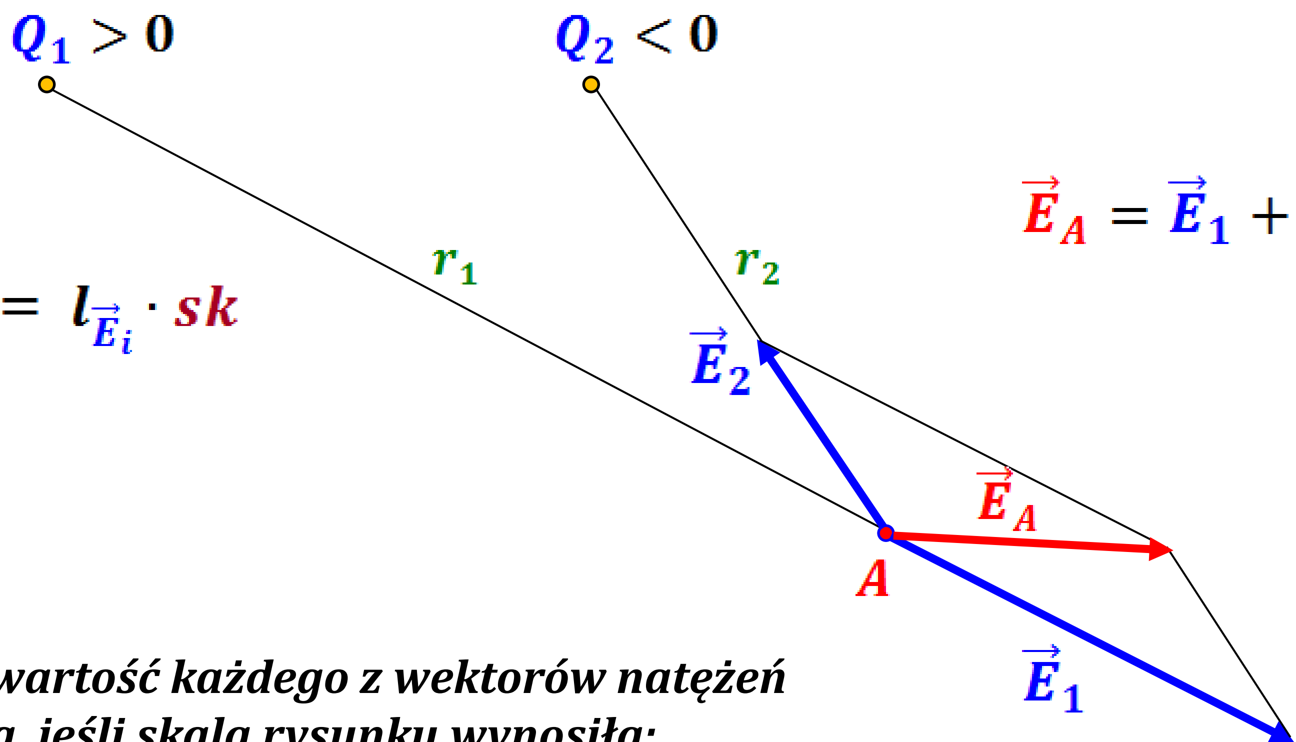
5. Kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego w rozpatrywanym punkcie tego pola, jest taki sam, jak kierunek i zwrot wektora siły elektrycznej działającej na ładunek próbny w tym punkcie.

6. Jeżeli źródłem pola elektrycznego jest układ ciał naelektryzowanych, to natężenie wypadkowe w rozpatrywanym punkcie pola elektrycznego jest sumą wektorów natężeń pochodzących od każdego z ciał w tym układzie.

$$\vec{E}_w = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n$$

Przykład 1.

Wyznacz graficznie wektor natężenia pola elektrostatycznego w punkcie A. Przyjmij, że w tym punkcie wektor natężenia pola pochodzący od ładunku 1, ma dwa razy większą wartość, niż w przypadku ładunku 2.



$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

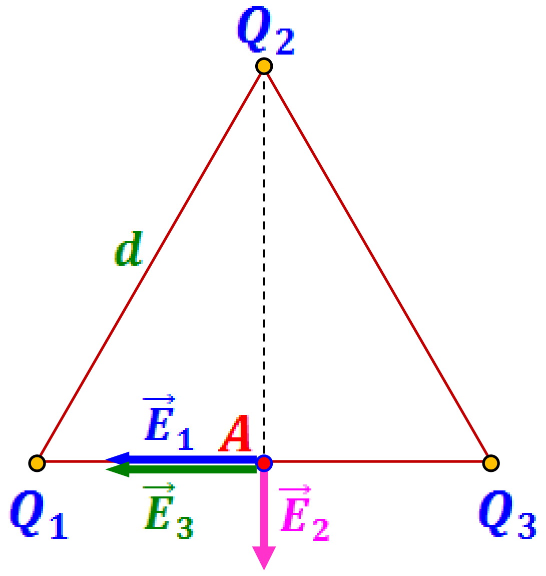
$$\left|\vec{E}_i\right| = l_{\vec{E}_i} \cdot sk$$

Odczytaj wartość każdego z wektorów natężeń pola, jeśli skala rysunku wynosiła:

$$sk = \frac{0,5\,\frac{N}{C}}{1\,mm}$$

Przykład 2.

Wyprowadź wzór na wartość wektora natężenia pola w punkcie A, dla sytuacji przedstawionej na rysunku. Ładunki punktowe znajdują się w wierzchołkach trójkąta równobocznego, o długości boku d.



$$Q_1 = Q < 0 \quad Q_2 = -2 \cdot Q_1 \quad Q_3 = -Q_1$$

Rozwiązanie:

$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

gdzie:

$$E_i = \frac{k \cdot |Q_i|}{r_{i,A}^2}$$

Z rysunku:

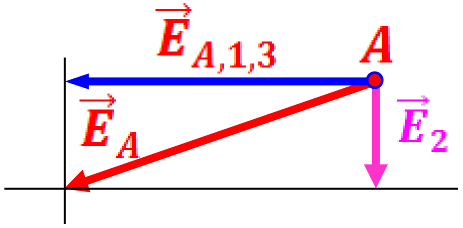
$$r_{1,A} = r_{3,A} = \frac{d}{2} \quad r_{2,A} = \frac{d \cdot \sqrt{3}}{2}$$

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= \frac{k \cdot |Q|}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{4 \cdot k \cdot |Q|}{d^2} \\ E_2 &= \frac{2 \cdot k \cdot |Q|}{\left(\frac{d \cdot \sqrt{3}}{2}\right)^2} = \frac{8 \cdot k \cdot |Q|}{3 \cdot d^2} \end{aligned}\right\} E_1 = E_3 > E_2$$

Zatem:

$$E_{A,1,3} = E_1 + E_3 = 2 \cdot E_1 = 2 \cdot \frac{4 \cdot k \cdot |Q|}{d^2} =$$

Sytuacja wyjściowa jest zatem równoważna pokazanej poniżej:



Ostatecznie:

$$E_A = \sqrt{E_{1,3,A}^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{8 \cdot k \cdot |Q|}{d^2}\right)^2 + \left(\frac{8 \cdot k \cdot |Q|}{3 \cdot d^2}\right)^2}$$

Po przekształceniach:

$$E_A = \frac{8 \cdot \sqrt{10} \cdot k \cdot |Q|}{3 \cdot d^2}$$