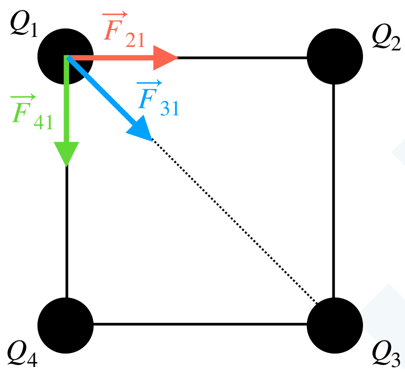
Quattro cariche puntiformi (Q1 = -2,0 x 10^-9 C, Q2 = Q4 = +5,0 x 10^-9 C, Q3 = +3,0 x 10^-9 C) sono disposte in senso orario sui vertici di un quadrato l = 40 cm.

1. **Determina direzione, verso e intensità della forza elettrica risultante sulla carica Q1 nel vuoto.**
2. **Determina direzione, verso e intensità della forza elettrica risultante sulla carica Q1 supponendo che le cariche siano immerse in acetone (ε_r = 21)**
3. **Al centro del quadrato ora è posta una carica Q = -3,0 x 10^-9 C. Determina direzione, verso e intensità della forza elettrica risultante sulla carica Q.**



Rappresento graficamente la situazione per avere un'idea chiara delle forze che agiscono sulla carica Q_1. Determino i moduli delle tre forze:

$$F_{21} = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{r_{21}^2} = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{l^2} = 8{,}988 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \times \frac{2{,}0 \times 10^{-9} C \times 5{,}0 \times 10^{-9} C}{(0{,}40m)^2} = 5{,}62 \times 10^{-7} N$$

$$F_{41} = k_0 \frac{Q_1 Q_4}{r_{41}^2} = k_0 \frac{Q_1 Q_4}{l^2} = 8{,}988 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \times \frac{2{,}0 \times 10^{-9} C \times 5{,}0 \times 10^{-9} C}{(0{,}40m)^2} = 5{,}62 \times 10^{-7} N$$

$$F_{31} = k_0 \frac{Q_1 Q_3}{r_{31}^2} = k_0 \frac{Q_1 Q_3}{(l\sqrt{2})^2} = 8{,}988 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \times \frac{2{,}0 \times 10^{-9} C \times 3{,}0 \times 10^{-9} C}{(0{,}40m \times \sqrt{2})^2} = 1{,}68 \times 10^{-7} N$$

Dato che le quattro cariche sono disposte ai vertici di un quadrato e le cariche $Q_2 = Q_4$ sono uguali, la risultante tra $\vec{F}_{21}$ e $\vec{F}_{41}$ avrà la medesima direzione (e anche verso) di $\vec{F}_{31}$, vale a dire la diagonale del quadrato.
Faccio i calcoli:

$$\left| \vec{F}_{21} + \vec{F}_{41} \right| = \sqrt{F_{21}^2 + F_{41}^2} = \sqrt{(5{,}62 \times 10^{-7} N)^2 + (5{,}62 \times 10^{-7} N)^2} = 7{,}95 \times 10^{-7} N$$

Posso ora calcolare il valore della forza elettrica risultante relativa alla carica 1, sommando il risultato appena trovato alla forza F_{31} (lo posso fare perché abbiamo detto che hanno la medesima direzione):

$$F_{tot_1} = (7{,}95 + 1{,}68) \times 10^{-7} N = 9{,}63 \times 10^{-7} N$$

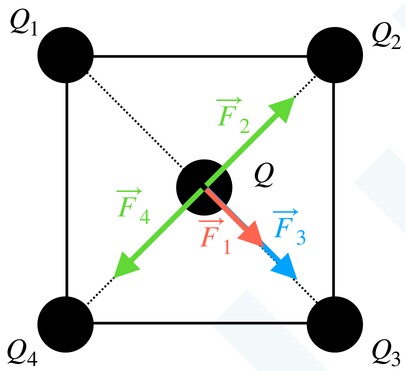
Direzione: diagonale del quadrato; Verso: da Q_1 a Q_3.

Per determinare la medesima forza quando le cariche sono immerse in acetone, è necessario andare a introdurre il coefficiente dielettrico relativo in tutte le forze elettriche, pertanto, partendo dalla relazione generale $F_{mezzo} = \dfrac{F_{vuoto}}{\epsilon_r}$:

$$F_{tot_1 acetone} = \frac{F_{tot_1}}{\epsilon_r} = \frac{9{,}63 \times 10^{-7} N}{21} = 4{,}59 \times 10^{-8} N$$

Direzione: diagonale del quadrato; Verso: da Q_1 a Q_3.

A questo punto l'esercizio introduce una quarta carica $Q = -3{,}0 \times 10^{-9} C$. Rappresento graficamente la situazione per avere un'idea chiara delle forze che agiscono su questa.



Essendo la nuova carica al centro del quadrato ed essendo le cariche Q_2 e Q_4 identiche, le forze esercitate da queste ultime su Q sono di ugual modulo e verso opposto, ciò significa che si annullano a vicenda.
Essendo la nuova carica negativa, essa è sottoposta a forza repulsiva da Q_1 e attrattiva da Q_3 lungo la direzione coincidente con la diagonale del quadrato e verso da Q_1 a Q_3 (v. disegno).
Determino i moduli di $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_3$ sapendo che in entrambi i casi la distanza d è metà diagonale:

$$F_1 = k_0 \frac{QQ_1}{d^2} = k_0 \frac{QQ_1}{\left(\frac{l\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2k_0 QQ_1}{l^2} = \frac{2 \times 8{,}988 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \times 3{,}0 \times 10^{-9} C \times 2{,}0 \times 10^{-9} C}{(0{,}40 m)^2} = 6{,}74 \times 10^{-7} N$$

$$F_3 = k_0 \frac{QQ_3}{d^2} = k_0 \frac{QQ_1}{\left(\frac{l\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2k_0 QQ_3}{l^2} = \frac{2 \times 8{,}988 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \times 3{,}0 \times 10^{-9} C \times 3{,}0 \times 10^{-9} C}{(0{,}40 m)^2} = 10{,}11 \times 10^{-7} N$$

Perciò, alla luce di quanto detto in precedenza:

$$F_{tot_Q} = F_1 + F_3 = (6{,}74 + 10{,}11) \times 10^{-7} N = 16{,}85 \times 10^{-7} N = 1{,}69 \times 10^{-6} N$$

Direzione: diagonale del quadrato; Verso: da Q a Q_3.