Solutionnaire du chapitre 1

1. La force est

$$
\begin{aligned}
F &= k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \\
&= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|1,602\times10^{-19}C\cdot\left(-1,602\times10^{-19}C\right)\right|}{\left(2,82\times10^{-10}m\right)^2} \\
&= 2,904\times10^{-9}N
\end{aligned}
$$

2. On trouve la distance avec la formule de la force

$$
\begin{aligned}
F &= k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \\
10N &= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|5\times10^{-6}C\cdot\left(-10\times10^{-6}C\right)\right|}{r^2} \\
r &= 0,2121m
\end{aligned}
$$

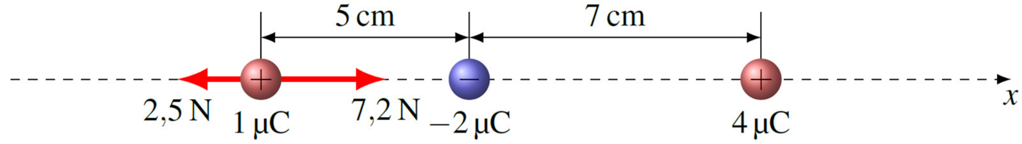
3. a) La grandeur de la force faite par la charge de -2 µC est

$$
\begin{aligned}
F &= k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \\
&= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|1\times10^{-6}C\cdot\left(-2\times10^{-6}C\right)\right|}{\left(0,05m\right)^2} \\
&= 7,2N
\end{aligned}
$$

La grandeur de la force faite par la charge de 4 µC est

$$
\begin{aligned}
F &= k\frac{|q_1q_2|}{r^2} \\
&= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|1\times10^{-6}C\cdot4\times10^{-6}C\right|}{\left(0,12m\right)^2} \\
&= 2,5N
\end{aligned}
$$

Comme la force faite par la charge de -2 µC est attractive et que celle faite par la charge de 4 µC est répulsive, on a la situation suivante.



En utilisant un axe positif vers la droite, la force nette est

$$\begin{aligned} F_{nette} &= 7,2N - 2,5N \\ &= 4,7N \end{aligned}$$

La force nette est donc de 4,7 N vers la droite.

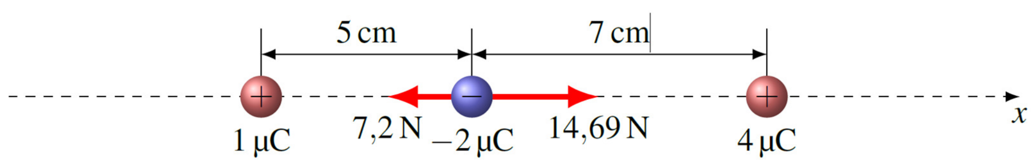
b) La grandeur de la force faite par la charge de 1 µC est

$$\begin{aligned} F &= k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \\ &= 9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|1\times 10^{-6}C\cdot\left(-2\times 10^{-6}C\right)\right|}{\left(0,05m\right)^2} \\ &= 7,2N \end{aligned}$$

La grandeur de la force faite par la charge de 4 µC est

$$\begin{aligned} F &= k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \\ &= 9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|\left(-2\times 10^{-6}C\right)\cdot 4\times 10^{-6}C\right|}{\left(0,07m\right)^2} \\ &= 14,69N \end{aligned}$$

Comme la force faite par la charge de 1 µC est attractive et que celle faite par la charge de 4 µC est attractive, on a la situation suivante.

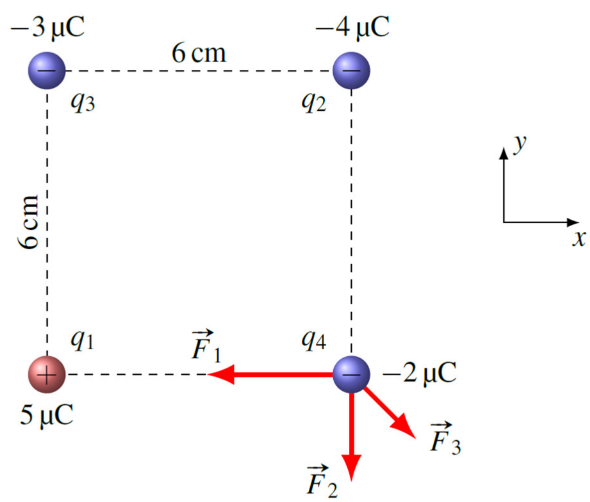


En utilisant un axe positif vers la droite, la force nette est

$$\begin{aligned} F_{nette} &= 14,69N - 7,2N \\ &= 7,49N \end{aligned}$$

La force nette est donc de 7,49 N vers la droite.

4. On va appeler F_1 la force faite par la charge de 5 µC, F_2 la force faite par la charge de -4 µC et F_3 la force faite par la charge de -3 µC. On a donc



La grandeur de chaque force est

$$\begin{aligned} F_1 &= k\frac{|q_1 q_4|}{r^2} \\ &= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{|5\times10^{-6}C\cdot -2\times10^{-6}C|}{(0,06m)^2} \\ &= 25N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= k\frac{|q_2 q_4|}{r^2} \\ &= 9\times10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{|-4\times10^{-6}C\cdot -2\times10^{-6}C|}{(0,06m)^2} \\ &= 20N \end{aligned}$$

Pour F_3, la distance est la diagonale du carré. On a donc

$$r^2 = (0{,}06\ \text{m})^2 + (0{,}06\ \text{m})^2 = 0{,}0072\ \text{m}^2$$

Ainsi, la grandeur de la force est

$$\begin{aligned} F_3 &= k\frac{|q_3 q_4|}{r^2} \\ &= 9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|-3\times 10^{-6}C\cdot -2\times 10^{-6}C\right|}{0{,}0072m^2} \\ &= 7{,}5N \end{aligned}$$

Avec un axe des *x* vers la droite et un axe des *y* vers le haut, les composantes de ces forces sont

$$F_{1x} = -25N \qquad F_{1y} = 0N$$

$$F_{2x} = 0N \qquad F_{2y} = -20N$$

$$\begin{aligned} F_{3x} &= 7{,}5N\cdot\cos(-45°) \\ &= 5{,}303N \end{aligned} \qquad \begin{aligned} F_{3x} &= 7{,}5N\cdot\sin(-45°) \\ &= -5{,}303N \end{aligned}$$

Les composantes de la force nette sont donc

$$\begin{aligned} F_x &= -25N + 0N + 5{,}303N = -19{,}697N \\ F_y &= 0N + -20N - 5{,}303N = -25{,}303N \end{aligned}$$

La grandeur de la force est donc

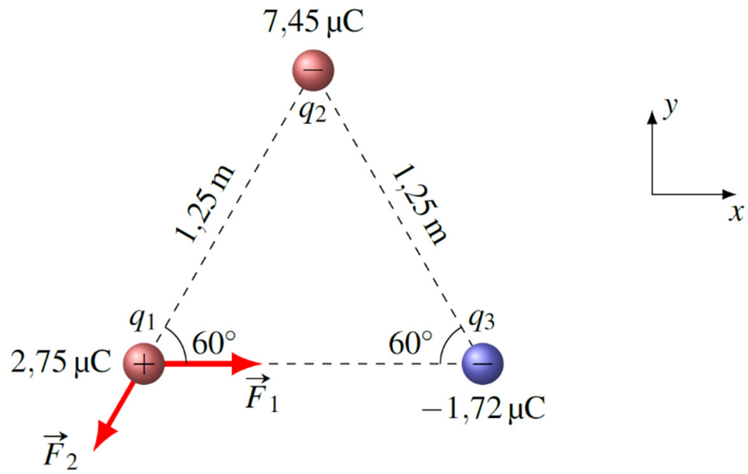
$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \sqrt{(-19{,}697N)^2 + (-25{,}303N)} \\ &= 32{,}07N \end{aligned}$$

et la direction de la force est

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan\frac{F_y}{F_x} \\ &= \arctan\frac{-25{,}303N}{-19{,}697N} \\ &= -127{,}9° \end{aligned}$$

(ou 232,1°, c'est la même chose.)

5. On va appeler F_1 la force faite par la charge de -1,72 μC et F_2 la force faite par la charge de 7,45 μC. On a donc



La grandeur de chaque force est

$$\begin{aligned} F_1 &= k\frac{|q_1 q_3|}{r^2} \\ &= 9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|-1,72\times 10^{-6}C\cdot 2,75\times 10^{-6}C\right|}{(1,25m)^2} \\ &= 0,0272448N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= k\frac{|q_2 q_3|}{r^2} \\ &= 9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{\left|7,45\times 10^{-6}C\cdot 2,75\times 10^{-6}C\right|}{(1,25m)^2} \\ &= 0,118008N \end{aligned}$$

Avec un axe des x vers la droite et un axe des y vers le haut, les composantes de ces forces sont

$$F_{1x} = 0,0272448N \qquad F_{1y} = 0N$$

$$\begin{aligned} F_{2x} &= 0,118008N\cdot\cos(-120°) \\ &= -0,059004N \end{aligned} \qquad \begin{aligned} F_{2y} &= 0,118008N\cdot\sin(-120°) \\ &= -0,102198N \end{aligned}$$

Les composantes de la force nette sont donc

$$F_x = 0,0272448N + -0,059004N = -0,0317592N$$
$$F_y = 0N + -0,102198N = -0,102198N$$

La grandeur de la force est donc

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \sqrt{(-0,0317592N)^2 + (-0,102198N)^2} \\ &= 0,10702N \end{aligned}$$

et la direction de la force est

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan \frac{F_y}{F_x} \\ &= \arctan \frac{-0,102198N}{-0,0317592N} \\ &= -107,3° \end{aligned}$$

(ou 252,7°, c'est la même chose)

6. On trouve le champ avec

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ 0 &= 10\mu C \cdot E_x \\ E_x &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= qE_y \\ -25N &= 10\mu C \cdot E_y \\ E_y &= -2,5 \times 10^6 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc un champ de 2,5 x 10^6 N/C vers le bas.

7. La somme des forces en *y* nous donne

$$\sum F_y = 0$$
$$-mg + F_E = 0$$
$$-10^{-13}kg \cdot 9,8\tfrac{N}{kg} + F_E = 0$$
$$F_E = 9,8\times 10^{-13}N$$

On a donc

$$F_y = qE_y$$
$$9,8\times 10^{-13}N = -2e \cdot E_y$$
$$9,8\times 10^{-13}N = -2\cdot 1,602\times 10^{-19}C \cdot E_y$$
$$E_y = -3,059\times 10^{6}\tfrac{N}{C}$$

On a donc un champ de 3,059 x 10^6 N/C vers le bas.

8. La force sur la charge est

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ &= \left(-100\times 10^{-6}C\right)\cdot\left(-200\,000\tfrac{N}{C}\right) \\ &= 20N \end{aligned}$$

L'accélération est donc

$$F_x = ma_x$$
$$20N = 0,01kg \cdot a_x$$
$$a_x = 2000\tfrac{m}{s^2}$$

La vitesse sera donc de

$$\begin{aligned} v_x &= v_{0x} + a_x t \\ &= 300\tfrac{m}{s} + 2000\tfrac{m}{s^2}\cdot 2s \\ &= 4300\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

9. La force sur la charge est

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ &= 30\times10^{-6}C\cdot\left(-200\,000\tfrac{N}{C}\right) \\ &= -6N \end{aligned}$$

L'accélération est donc

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ -6N &= 0,01kg\cdot a_x \\ a_x &= -600\tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

On trouve finalement la distance d'arrêt avec

$$\begin{aligned} 2a_x\left(x-x_0\right) &= v_x^2-v_{0x}^2 \\ 2\cdot\left(-600\tfrac{m}{s^2}\right)\cdot\left(x-0m\right) &= \left(0\tfrac{m}{s}\right)^2-\left(300\tfrac{m}{s}\right)^2 \\ x &= 75m \end{aligned}$$

10. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{k\left|Q\right|}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9\tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\left|25\times10^{-6}C\right|}{\left(0,5m\right)^2} \\ &= 900\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la sphère est positive, le champ est dans la direction opposée à la direction du centre de la sphère.

11. La charge de 2 μC fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9\tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot2\times10^{-6}C}{\left(4m\right)^2} \\ &= 1125\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers la droite.

La charge de 5 µC fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 5\times10^{-6} C}{(6m)^2} \\ &= 1250 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers la gauche.

Le champ net est donc

$$\begin{aligned} E_x &= E_{x1} + E_{x2} \\ &= 1125 \tfrac{N}{C} + -1250 \tfrac{N}{C} \\ &= -125 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc un champ de 125 N/C vers la gauche.

12. À cet endroit, on est a

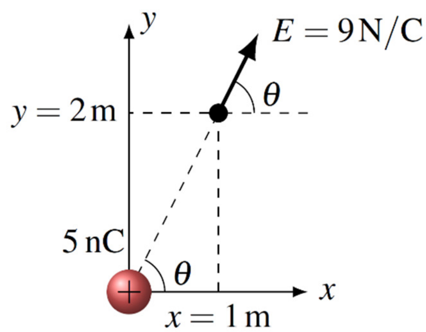
$$r = \sqrt{(2m)^2 + (1m)^2} = \sqrt{5}m$$

de la charge.

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 5\times10^{-9} C}{(\sqrt{5}m)^2} \\ &= 9 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



On trouve l'angle avec

$$\tan\theta = \frac{2m}{1m}$$
$$\theta = 63,43°$$

Les composantes sont donc

$$E_x = 9\tfrac{N}{C}\cdot\cos 63,43° = 4,025\tfrac{N}{C}$$
$$E_y = 9\tfrac{N}{C}\cdot\sin 63,43° = 8,050\tfrac{N}{C}$$

13. La charge de 10 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot 10\times10^{-9}C}{(0,03m)^2} \\ &= 100\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers le bas.

La charge de -5 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot 5\times10^{-9}C}{(0,05m)^2} \\ &= 18\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers la droite.

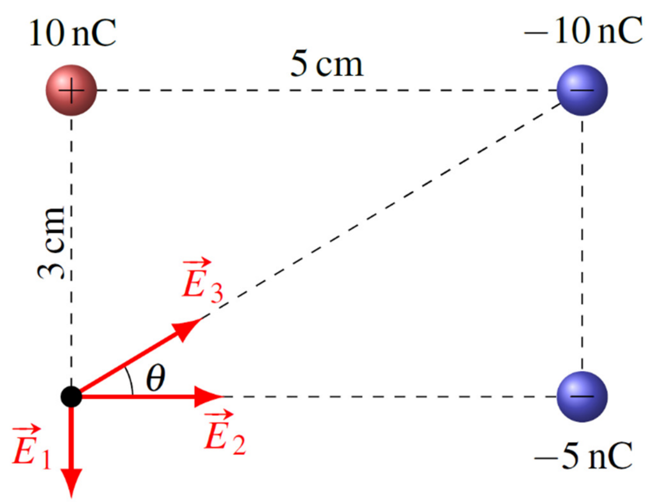
Pour la charge de -10 nC, la distance de la charge est

$$r = \sqrt{(0,03m)^2 + (0,05m)^2} = \sqrt{0,0034}m$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} E_3 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 10\times10^{-9}C}{\left(\sqrt{0,0034}m\right)^2} \\ &= 26\,471\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



Pour séparer en composantes, il faut connaitre l'angle θ. Cet angle est

$$\tan\theta = \frac{3cm}{5cm}$$
$$\theta = 30,96°$$

Les composantes des champs sont donc

$$E_{1x} = 0$$
$$E_{1y} = -100\,000\,\tfrac{N}{C}$$

$$E_{2x} = 18\,000\,\tfrac{N}{C}$$
$$E_{2y} = 0$$

$$E_{3x} = 26\,471\,\tfrac{N}{C} \cdot \cos(30{,}96°) = 22\,698\,\tfrac{N}{C}$$
$$E_{2y} = 26\,471\,\tfrac{N}{C} \cdot \sin(30{,}96°) = 13\,619\,\tfrac{N}{C}$$

Les composantes du champ résultant sont donc

$$\begin{aligned} E_x &= 0 + 18\,000\,\tfrac{N}{C} + 22\,698\,\tfrac{N}{C} \\ &= 40\,698\,\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_y &= -100\,000\,\tfrac{N}{C} + 0 + 13\,619\,\tfrac{N}{C} \\ &= -86\,381\,\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La grandeur du champ est alors

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \\ &= \sqrt{\left(40\,698\,\tfrac{N}{C}\right)^2 + \left(-86\,381\,\tfrac{N}{C}\right)^2} \\ &= 95\,488\,\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

alors que la direction du champ est

$$\tan\theta = \frac{E_y}{E_x}$$
$$\tan\theta = \frac{-86\,381\,\tfrac{N}{C}}{40\,698\,\tfrac{N}{C}}$$
$$\theta = -64{,}8°$$

14. La charge de -4 nC fait un champ de

$$\begin{aligned}E_- &= \frac{kQ}{r^2}\\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 4\times10^{-9}C}{(0,06m)^2}\\ &= 10\,000\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

vers la gauche.

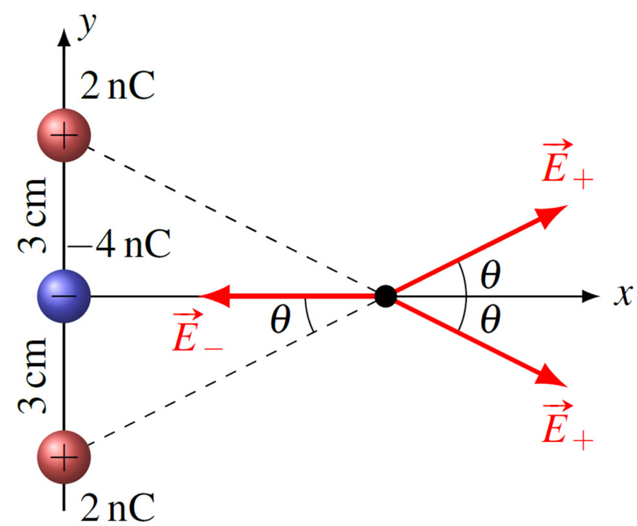
Pour les charges de 2 nC, la distance de la charge est

$$r = \sqrt{(0,03m)^2 + (0,06m)^2} = \sqrt{0,0045}m$$

Les charges de 2 nC font un champ de

$$\begin{aligned}E_+ &= \frac{kQ}{r^2}\\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 2\times10^{-9}C}{\left(\sqrt{0,0045}m\right)^2}\\ &= 4\,000\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



Pour séparer en composantes, il faut connaitre l'angle θ. Cet angle est

$$\tan\theta = \frac{3cm}{6cm}$$
$$\theta = 26{,}57°$$

Les composantes des champs sont donc (le champ 1 est le champ fait par la charge négative, le champ 2 est le champ fait par la charge positive la plus basse et le champ 3 est le champ fait par la charge positive la plus haute)

$$E_{1x} = -10\,000\tfrac{N}{C}$$
$$E_{1y} = 0\tfrac{N}{C}$$

$$E_{2x} = 4\,000\tfrac{N}{C}\cdot\cos(26{,}57°) = 3\,578\tfrac{N}{C}$$
$$E_{2y} = 4\,000\tfrac{N}{C}\cdot\sin(26{,}57°) = 1\,789\tfrac{N}{C}$$

$$E_{3x} = 4\,000\tfrac{N}{C}\cdot\cos(-26{,}57°) = 3\,578\tfrac{N}{C}$$
$$E_{3y} = 4\,000\tfrac{N}{C}\cdot\sin(-26{,}57°) = -1\,789\tfrac{N}{C}$$

Les composantes du champ résultant sont donc

$$\begin{aligned} E_x &= -10\,000\tfrac{N}{C} + 3\,578\tfrac{N}{C} + 3\,578\tfrac{N}{C} \\ &= -2\,845\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_y &= 0 + 1789\tfrac{N}{C} + -1789\tfrac{N}{C} \\ &= 0\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Le champ est donc de 2845 N/C vers la gauche.

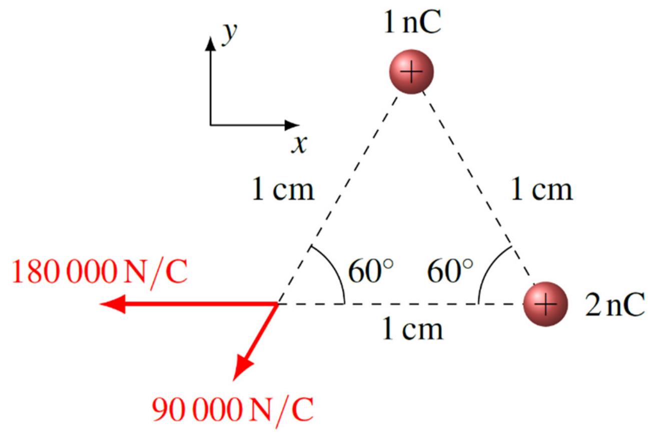
15. a) La charge de 1 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 1\times10^{-9}C}{(0{,}01m)^2} \\ &= 90\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La charge de 2 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 2\times 10^{-9} C}{(0,01m)^2} \\ &= 180\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc les 2 champs suivants.



La composante en x du champ résultant est

$$\begin{aligned} E_x &= E_1 \cos(-120°) - E_2 \\ &= 90\,000 \tfrac{N}{C} \cdot \cos(-120°) - 180\,000 \tfrac{N}{C} \\ &= -225\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La composante en y du champ résultant est

$$\begin{aligned} E_y &= E_1 \sin(-120°) \\ &= 90\,000 \tfrac{N}{C} \cdot \sin(-120°) \\ &= -77\,942 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La grandeur du champ est alors

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \\ &= \sqrt{\left(-225\,000 \tfrac{N}{C}\right)^2 + \left(-77\,942 \tfrac{N}{C}\right)^2} \\ &= 238\,118 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

alors que la direction du champ est

$$\tan\theta = \frac{E_y}{E_x}$$
$$\tan\theta = \frac{-77\,942\,\frac{N}{C}}{-225\,000\,\frac{N}{C}}$$
$$\theta = 199{,}1°$$

b) La force est

$$\begin{aligned} F &= qE \\ &= -3nC \cdot 238\,118\,\tfrac{N}{C} \\ &= -7{,}144 \times 10^{-4}\,N \end{aligned}$$

Cela veut dire que la force a une grandeur de 7,144 x 10^{-4} N dans la direction opposée au champ, donc à 19,1°.