Solutionnaire du chapitre 2

1. On trouve le champ avec

$$F_x = qE_x$$
$$0 = 10\mu C \cdot E_x$$
$$E_x = 0$$

$$F_y = qE_y$$
$$-25N = 10\mu C \cdot E_y$$
$$E_y = -2,5\times10^6 \tfrac{N}{C}$$

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

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

$$\sum F_y = 0$$
$$-mg + F_E = 0$$
$$-10^{-13} kg \cdot 9,8 \tfrac{N}{kg} + F_E = 0$$
$$F_E = 9,8\times10^{-13} N$$

On a donc

$$F_y = qE_y$$
$$9,8\times10^{-13} N = -2e \cdot E_y$$
$$9,8\times10^{-13} N = -2 \cdot 1,602\times10^{-19} C \cdot E_y$$
$$E_y = -3,059\times10^6 \tfrac{N}{C}$$

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

3. La charge de 2 μC fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 2\times 10^{-6} C}{(4m)^2} \\ &= 1125 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers la droite.

La charge de 5 µC fait un champ de

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 5\times 10^{-6} C}{(6m)^2} \\ &= 1250 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

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.

4. À cet endroit, on est a

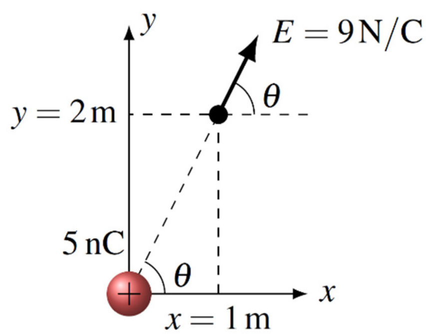
$$r = \sqrt{(2m)^2 + (1m)^2} = \sqrt{5} m$$

de la charge.

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 5\times 10^{-9} C}{\left(\sqrt{5}m\right)^2} \\ &= 9\frac{N}{C} \end{aligned}$$

On a donc la situation suivante.



On trouve l'angle avec

$$\begin{aligned} \tan\theta &= \frac{2m}{1m} \\ \theta &= 63,43° \end{aligned}$$

Les composantes sont donc

$$\begin{aligned} E_x &= 9\frac{N}{C}\cdot\cos 63,43° = 4,025\frac{N}{C} \\ E_y &= 9\frac{N}{C}\cdot\sin 63,43° = 8,050\frac{N}{C} \end{aligned}$$

5. La charge de 10 nC fait un champ de

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

vers le bas.

La charge de -5 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_2 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 5\times 10^{-9} C}{(0,05m)^2} \\ &= 18\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

vers la droite.

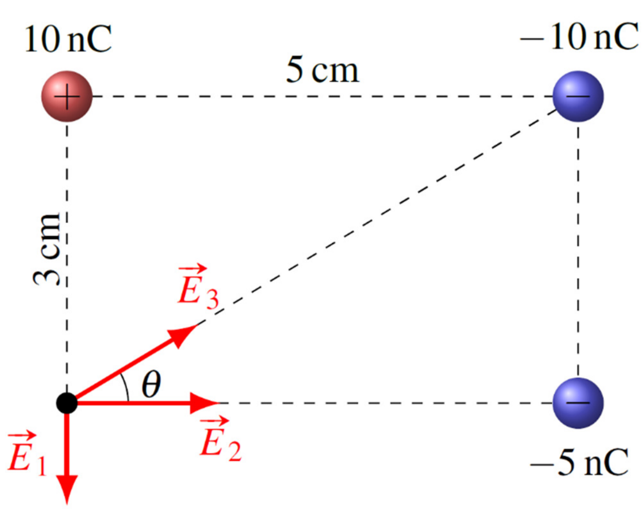
Pour la charge de -10 nC, la distance de la charge est

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

La grandeur du champ est donc

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

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

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

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

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

vers la gauche.

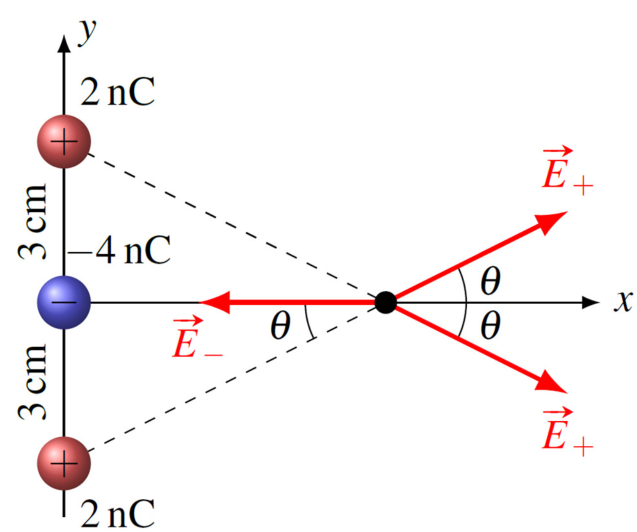
Pour les charges de 2 nC, la distance de la charge est

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

Les charges de 2 nC font un champ de

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

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.

7. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r(r+L)} \\ &= \frac{9\times10^9\,\tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\left|12\times10^{-6}C\right|}{0,06m\cdot(0,06m+0,04m)} \\ &= 1,8\times10^7\,\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de 1,8 x 10^7 N/C vers la droite.

8. On trouve le champ avec

$$E = \frac{k|\lambda|L}{r(r+L)}$$

En faisant tendre la valeur de L vers l'infini et en faisant ensuite la règle de l'Hospital.

$$\begin{aligned} E &= \lim_{L\to\infty} \frac{k|\lambda|L}{r(r+L)} \\ &= \frac{k|\lambda|}{r} \end{aligned}$$

La grandeur du champ est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|\lambda|}{r} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|2\times10^{-6} \frac{C}{m}\right|}{0,08m} \\ &= 225\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de 225 000 N/C vers la droite.

9. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{2k|\lambda|L}{r\sqrt{L^2+4r^2}} \\ &= \frac{2\cdot 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|4\times10^{-6} \frac{C}{m}\right| \cdot 0,12m}{0,05m \cdot \sqrt{(0,12m)^2 + 4\cdot(0,05m)^2}} \\ &= 1,106\times10^6 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la tige est positive, le champ est dans la direction opposée à la tige. On a donc un champ de 1,106 x 10^6 N/C vers le haut.

10. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{2k|\lambda|}{r} \\ &= \frac{2 \cdot 9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|8\times 10^{-6} \frac{C}{m}\right|}{0,2m} \\ &= 720\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la tige est négative, le champ est vers la tige. On a donc un champ de 720 000 N/C vers le bas.

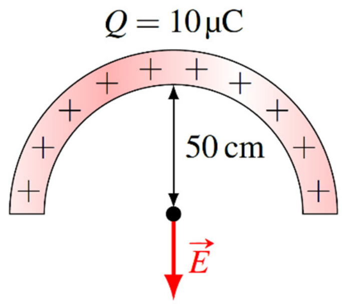
11. Dans cette situation, on a a = 0,5 m et $\beta = \pi$. Il ne reste qu'à trouver la charge linéique de la tige. Comme la longueur de la tige est égale à la moitié de la circonférence du cercle, on a

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{Q}{l} \\ &= \frac{10\times 10^{-6} C}{\frac{1}{2} \cdot 2\pi \cdot (0,5m)} \\ &= 6,366\times 10^{-6} \tfrac{C}{m} \end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{2k|\lambda|}{a} \sin\left(\tfrac{\beta}{2}\right) \\ &= \frac{2 \cdot 9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 6,366\times 10^{-6} \frac{C}{m}}{0,5m} \cdot \sin\left(\tfrac{\pi}{2}\right) \\ &= 2,291\times 10^5 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Le champ est dans la direction opposée au milieu de la tige puisque la tige a une charge positive.



12. Ici, on devra faire chacun des arcs à la fois, puis additionner le champ de chaque arc.

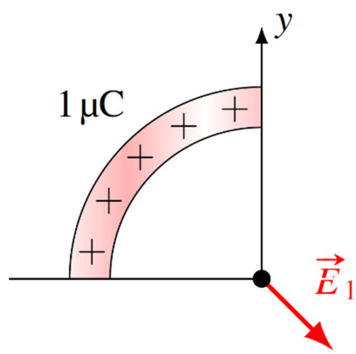
Commençons avec l'arc de charge positive. Dans cette situation, on a a = 0,15 m et $\beta = \pi/2$. Il ne reste qu'à trouver la charge linéique de la tige. Comme la longueur de la tige est égale au quart de la circonférence du cercle, on a

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{Q}{l} \\ &= \frac{1\times 10^{-6}C}{\frac{1}{4}\cdot 2\pi\cdot(0{,}15m)} \\ &= 4{,}244\times 10^{-6}\,\tfrac{C}{m}\end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E_1 &= \frac{2k|\lambda|}{a}\sin\left(\tfrac{\beta}{2}\right) \\ &= \frac{2\cdot 9\times 10^{9}\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot 4{,}244\times 10^{-6}\,\frac{C}{m}}{0{,}15m}\cdot\sin\left(\tfrac{\pi}{4}\right) \\ &= 3{,}6013\times 10^{5}\,\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

Le champ est dans la direction opposée au milieu de la tige puisque la tige a une charge positive.



Les composantes de ce champ sont

$$E_{1x} = 3,6013\times10^5 \tfrac{N}{C}\cdot\cos(-45°) = 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C}$$
$$E_{1y} = 3,6013\times10^5 \tfrac{N}{C}\cdot\sin(-45°) = -2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C}$$

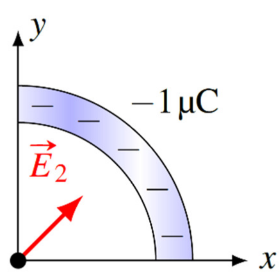
Continuons avec l'arc de charge négative. Dans cette situation, on a encore a = 0,1 m et β = π/2. Comme la longueur de la tige est égale au quart de la circonférence du cercle, on a

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{Q}{l}\\ &= \frac{-1\times10^{-6}C}{\frac{1}{4}\cdot 2\pi\cdot(0,15m)}\\ &= -4,244\times10^{-6}\tfrac{C}{m}\end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E_2 &= \frac{2k|\lambda|}{a}\sin\left(\tfrac{\beta}{2}\right)\\ &= \frac{2\cdot 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot\left|-4,244\times10^{-6}\frac{C}{m}\right|}{0,15m}\cdot\sin\left(\tfrac{\pi}{4}\right)\\ &= 3,6013\times10^5\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

Le champ est vers le milieu de la tige puisque la tige a une charge négative.



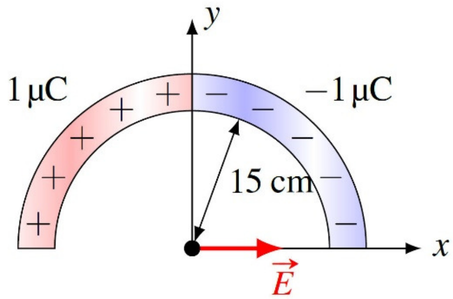
Les composantes de ce champ sont

$$E_{2x} = 3,6013\times10^5 \tfrac{N}{C}\cdot\cos(45°) = 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C}$$
$$E_{2y} = 3,6013\times10^5 \tfrac{N}{C}\cdot\sin(45°) = 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C}$$

Le champ total est donc

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} = 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C} + 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C} = 5,093\times10^5 \tfrac{N}{C}$$
$$E_y = E_{1y} + E_{2y} = -2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C} + 2,5465\times10^5 \tfrac{N}{C} = 0$$

On a donc un champ dans la direction suivante.



13. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0} \\ &= \frac{\left|1\times10^{-6} \tfrac{C}{m^2}\right|}{2\cdot 8,854\times10^{-12} \tfrac{C^2}{Nm^2}} \\ &= 56\,470 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la plaque est positive, le champ est dans la direction opposée à la plaque. On a donc un champ de 56 470 N/C vers le haut.

14. La densité de charge des plaques est

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{10\times10^{-6} C}{0,002 m^2} \\ &= 5\times10^{-3} \tfrac{C}{m^2} \end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \\ &= \frac{5\times10^{-3}\,\frac{C}{m^2}}{8,854\times10^{-12}\,\frac{C^2}{Nm^2}} \\ &= 5,647\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

Le champ va de la plaque positive vers la plaque négative, donc la gauche.

15. On va trouver le champ fait par chacune des plaques.

Plaque 1 : celle de gauche

La densité est

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{Q_1}{A} \\ &= \frac{10\times10^{-6}C}{0,002m^2} \\ &= 5\times10^{-3}\,\tfrac{C}{m^2}\end{aligned}$$

Le champ est donc

$$\begin{aligned}E_1 &= \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \\ &= \frac{5\times10^{-3}\,\frac{C}{m^2}}{2\cdot 8,854\times10^{-12}\,\frac{C^2}{Nm^2}} \\ &= 2,824\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}\end{aligned}$$

À droite de cette plaque, le champ est vers la droite (il est dans la direction opposée à la plaque 1 qui est positive). On a donc

$$E_{1x} = 2,824\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}$$

Plaque 2 : celle du milieu

La densité est

$$\sigma_2 = \frac{Q_2}{A}$$
$$= \frac{20\times10^{-6}C}{0,002m^2}$$
$$= 1\times10^{-2}\,\tfrac{C}{m^2}$$

Le champ est donc

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$
$$= \frac{1\times10^{-2}\,\tfrac{C}{m^2}}{2\cdot 8,854\times10^{-12}\,\tfrac{C^2}{Nm^2}}$$
$$= 5,647\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}$$

À droite de cette plaque, le champ est vers la gauche (il est vers la plaque 2 qui est négative). On a donc

$$E_{2x} = -5,647\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}$$

<u>Plaque 3 : celle de droite</u>

La densité est

$$\sigma_3 = \frac{Q_3}{A}$$
$$= \frac{30\times10^{-6}C}{0,002m^2}$$
$$= 1,5\times10^{-2}\,\tfrac{C}{m^2}$$

Le champ est donc

$$E_3 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$
$$= \frac{1,5\times10^{-2}\,\tfrac{C}{m^2}}{2\cdot 8,854\times10^{-12}\,\tfrac{C^2}{Nm^2}}$$
$$= 8,471\times10^{8}\,\tfrac{N}{C}$$

À gauche de cette plaque, le champ est vers la gauche (il est dans la direction opposée à la plaque 3 qui est positive.). On a donc

$$E_{3x} = -8,471 \times 10^8 \tfrac{N}{C}$$

Le champ total est donc

$$\begin{aligned} E_x &= E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} \\ &= 2,824 \times 10^8 \tfrac{N}{C} + -5,647 \times 10^8 \tfrac{N}{C} + -8,471 \times 10^8 \tfrac{N}{C} \\ &= -11,294 \times 10^8 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Le champ est donc de 1,129 x 10^9 N/C vers la gauche.

16. Le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|25 \times 10^{-6} C\right|}{(0,5m)^2} \\ &= 900\,000 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

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

17. La charge de la sphère non trouée est

$$\begin{aligned} Q &= \rho \cdot Volume \\ &= 10 \tfrac{\mu C}{m^3} \cdot \tfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0,06m)^3 \\ &= 9,048 \times 10^{-9} C \end{aligned}$$

Le champ fait par la sphère non trouée est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|9,048 \times 10^{-9} C\right|}{(0,14m)^2} \\ &= 4155 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La charge de la sphère qui boucherait le trou est

$$\begin{aligned} Q &= \rho \cdot Volume \\ &= 10\tfrac{\mu C}{m^3} \cdot \tfrac{4}{3} \cdot \pi \cdot (0{,}01m)^3 \\ &= 4{,}189 \times 10^{-11} C \end{aligned}$$

Le champ fait par la sphère qui boucherait le trou est donc

$$\begin{aligned} E &= \frac{k|Q|}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|4{,}189\times 10^{-11} C\right|}{(0{,}11m)^2} \\ &= 31\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Le champ est donc 4155 N/C – 31 N/C = 4124 N/C.

18. La force sur la charge est

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

L'accélération est donc

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

La vitesse sera donc de

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

19. 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

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

On trouve finalement la distance d'arrêt avec

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

20. L'accélération du proton se trouve avec

$$\begin{gathered} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_xt^2 \\ 2{,}5m = 0m + 0m + \frac{1}{2}\cdot a_x\cdot\left(0{,}002s\right)^2 \\ a_x = 1\,250\,000\tfrac{m}{s^2} \end{gathered}$$

La force est donc

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ &= 1{,}673\times10^{-27}kg\cdot1{,}25\times10^{6}\tfrac{m}{s^2} \\ &= 2{,}091\times10^{-21}N \end{aligned}$$

Ce qui veut dire que le champ est

$$\begin{gathered} F_x = qE_x \\ 2{,}091\times10^{-21}N = 1{,}602\times10^{-19}C\cdot E_x \\ E_x = 0{,}0131\tfrac{N}{C} \end{gathered}$$

21. Il y a 3 forces sur la charge.

1) La force de gravitation (0,0196 N vers le bas).
2) La force électrique (F_E) vers la droite.
3) La force de tension (T) à 120°.

On a donc

$$\sum F_x = 0$$
$$\rightarrow F_E + T\cos(120°) = 0$$
$$\sum F_y = 0$$
$$\rightarrow -0,0196N + T\sin(120°) = 0$$

Avec la somme des forces en *y*, on trouve la tension.

$$-0,0196N + T\sin(120°) = 0$$
$$T = 0,02263N$$

On utilise ensuite cette valeur pour trouver la force électrique avec la somme des forces en *x*.

$$F_E + T\cos(120°) = 0$$
$$F_E + 0,02263N \cdot \cos(120°) = 0$$
$$F_E = 0,01132N$$

Puisque cette force est $F_E = qE_x$ et qu'on connait la valeur du champ, on peut trouver la force.

$$F_E = qE_x$$
$$0,01132N = q \cdot 200\,000\tfrac{N}{C}$$
$$q = 5,658\times 10^{-8}C = 56,58nC$$

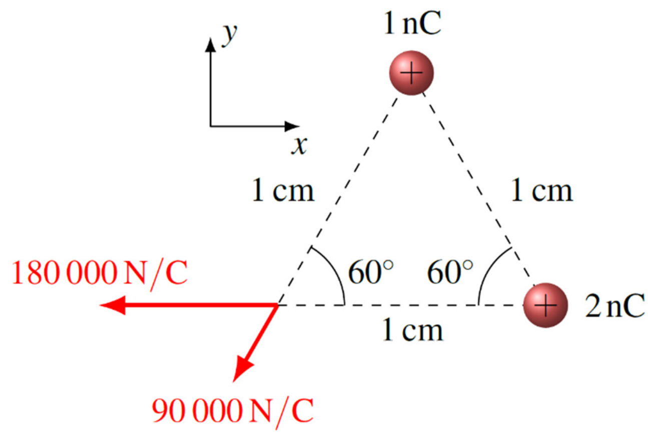
22. a) La charge de 1 nC fait un champ de

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{kQ}{r^2} \\ &= \frac{9\times 10^9 \tfrac{Nm^2}{C^2} \cdot 1\times 10^{-9}C}{(0,01m)^2} \\ &= 90\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

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

$$\tan\theta = \frac{E_y}{E_x}$$

$$\tan\theta = \frac{-77\,942\,\tfrac{N}{C}}{-225\,000\,\tfrac{N}{C}}$$

$$\theta = 199{,}1°$$

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°.

23. Le champ fait par la tige infinie est

$$\begin{aligned} E &= \frac{2k|\lambda|}{r} \\ &= \frac{2 \cdot 9\times 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2} \cdot \left|8\times 10^{-6}\,\frac{C}{m}\right|}{0{,}2m} \\ &= 720\,000\,\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Ce champ est vers la tige, donc vers la gauche.

Le champ fait par la sphère est

$$\begin{aligned} E &= \frac{k\left|Q\right|}{r^2} \\ &= \frac{9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot\left|20\times10^{-6}\frac{C}{m}\right|}{\left(0,40m\right)^2} \\ &= 1125\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Ce champ est dans la direction opposée au centre de la sphère, donc vers la gauche.

La composante en x du champ résultant est

$$\begin{aligned} E_x &= -E_1 - E_2 \\ &= -720\,000\tfrac{N}{C} - 1125\,000\tfrac{N}{C} \\ &= -1\,845\,000\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La force sur la charge est donc

$$\begin{aligned} F_x &= qE_x \\ &= \left(-5\times10^{-6}C\right)\cdot\left(-1\,845\,000\tfrac{N}{C}\right) \\ &= 9,225N \end{aligned}$$

Finalement, l'accélération est

$$\begin{aligned} F_x &= ma_x \\ 9,225N &= 0,1kg\cdot a_x \\ a_x &= 92,25\tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

L'accélération est donc de 92,25 m/s² vers la droite.

24. a) Le champ fait par la plaque est

$$\begin{aligned} E &= \frac{\left|\sigma\right|}{2\varepsilon_0} \\ &= \frac{\left|20\times10^{-6}\frac{C}{m^2}\right|}{2\cdot 8,854\times10^{-12}\frac{C^2}{Nm^2}} \\ &= 1129\,409\tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Ce champ est vers la plaque puisqu'elle a une charge négative.

La force sur la charge est donc

$$\begin{aligned} F &= qE \\ &= 60\times10^{-6}C\cdot\left(1129\,409\tfrac{N}{C}\right) \\ &= 67,76N \end{aligned}$$

Cette force est dans la même direction que le champ, donc vers la plaque négative.

L'accélération de la charge est

$$\begin{aligned} a &= \frac{F}{m} \\ &= \frac{67,76N}{0,2kg} \\ &= 338,8\tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

On trouve alors le temps pour arriver à la plaque avec (on utilise un axe dirigé vers la plaque avec une origine à l'endroit où est située la charge initialement)

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \\ 0,5m &= 0m + 0m + \frac{1}{2}\cdot 338,8\tfrac{m}{s^2}\cdot t^2 \\ t &= 0,0543s \end{aligned}$$

b) La vitesse de la charge est

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at \\ &= 0\tfrac{m}{s} + 338,8\tfrac{m}{s^2}\cdot 0,0543s \\ &= 18,41\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

c) Puisque la force sur la charge est de 67,76 N vers la plaque, la force sur la plaque est, en vertu de la troisième loi de Newton, de 67,76 N vers la charge de 60 µC.

25. On peut utiliser l'équation

$$2a_y\left(y-y_0\right) = v_y^2 - v_{y0}^2$$

Puisque la charge passe de $y = 0$ à $y = -8$ cm, on a

$$2a_y\left(y-y_0\right)=v_y^2-v_{y0}^2$$
$$2\cdot a_y\cdot\left(-0,08m-y_0\right)=\left(0\tfrac{m}{s}\right)^2-\left(2\times10^7\tfrac{m}{s}\cdot\sin\left(-45°\right)\right)^2$$
$$2\cdot a_y\cdot\left(-0,08m-0m\right)=\left(0\tfrac{m}{s}\right)^2-2\times10^{14}\tfrac{m^2}{s^2}$$
$$a_y=\frac{2\times10^{14}\tfrac{m^2}{s^2}}{2\cdot0,08m}$$
$$a_y=1,25\times10^{15}\tfrac{m}{s^2}$$

La force sur l'électron est donc

$$\begin{aligned}F_y&=ma_y\\&=9,11\times10^{-31}kg\cdot1,25\times10^{15}\tfrac{m}{s^2}\\&=1,13875\times10^{-15}N\end{aligned}$$

Le champ électrique est donc

$$F_y=qE_y$$
$$1,13875\times10^{-15}N=\left(-1,602\times10^{-19}C\right)\cdot E_y$$
$$E_y=-7108,3\tfrac{N}{C}$$

La densité de charge des plaques est donc

$$E=\frac{|\sigma|}{\varepsilon_0}$$
$$7108,3\tfrac{N}{C}=\frac{|\sigma|}{8,854\times10^{-12}\tfrac{C^2}{Nm^2}}$$
$$\sigma=6,2938\times10^{-8}\tfrac{C}{m^2}$$

Avec une aire de 400 cm², la charge des plaques est

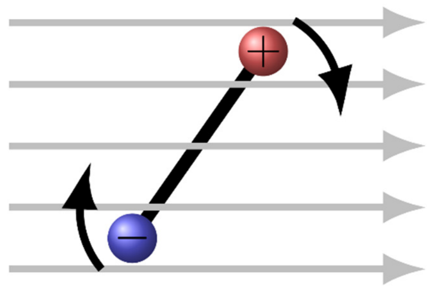
$$\begin{aligned}Q&=\sigma A\\&=6,2938\times10^{-8}\tfrac{C}{m^2}\cdot0,04m^2\\&=2,518\times10^{-9}C\\&=2,518nC\end{aligned}$$

La plaque positive a donc une charge de 2,518 nC et la plaque négative a une charge de -2,518 nC.

26. Le moment de force est

$$\begin{aligned}\tau &= pE\sin\theta \\ &= 0,002Cm \cdot 3000\tfrac{N}{C} \cdot \sin 55^0 \\ &= 4,915Nm\end{aligned}$$

Le moment de force veut aligner le dipôle avec le champ pour que la charge positive soit du côté où se dirigent les lignes de champ. Le dipôle cherche donc à tourner dans le sens suivant.



27. Le moment dipolaire de ce dipôle est

$$\begin{aligned}p &= qL \\ &= 2\mu C \cdot 0,05m \\ &= 1\times 10^{-7}Cm\end{aligned}$$

L'énergie potentielle initiale est

$$\begin{aligned}U &= -pE\cos\theta \\ &= -1\times 10^{-7}Cm \cdot 300\,000\tfrac{N}{C} \cdot \cos 0^0 \\ &= -0,03J\end{aligned}$$

L'énergie finale est

$$\begin{aligned}U &= -pE\cos\theta \\ &= -1\times 10^{-7}Cm \cdot 300\,000\tfrac{N}{C} \cdot \cos 180^0 \\ &= 0,03J\end{aligned}$$

On doit donc fournir l'énergie suivante.

$$\begin{aligned} W_{ext} &= \Delta E_k + \Delta U \\ &= 0J + \left(0,03J - -0,03J\right) \\ &= 0,06J \end{aligned}$$

28. Les charges s'accumulent uniquement sur les faces qui sont dans la direction du champ électrique. Il n'y a donc que des charges qui s'accumulent sur la surface 2 et la surface opposée à la surface 2. On a donc

Q = 0 pour les surfaces 1 et 3

Pour la surface 2, on a

$$\begin{aligned} \sigma &= \varepsilon_0 E \\ &= 8,854\times10^{-12} \tfrac{C^2}{Nm^2} \cdot 50\,000 \tfrac{N}{C} \\ &= 4,427\times10^{-7} \tfrac{C}{m^2} \end{aligned}$$

En multipliant par l'aire de la surface, on obtient la charge.

$$\begin{aligned} Q &= \sigma A \\ &= 4,427\times10^{-7} \tfrac{C}{m^2} \cdot \left(0,2m\right)^2 \\ &= 1,771\times10^{-8} C \\ &= 17,71 nC \end{aligned}$$

Comme les lignes de champ commencent sur la surface 2, la charge doit être positive. Il y a donc +17,71 nC sur la surface 2.

29. La charge sur la surface interne est

$$\begin{aligned} Q_{\text{surface interne}} &= -Q_{\text{dans cavité}} \\ &= -2\mu C \end{aligned}$$

La charge sur la surface externe est

$$\begin{aligned} Q_{\text{surface externe}} &= Q_{\text{du conducteur}} - Q_{\text{surface interne}} \\ &= 0\mu C - -2\mu C \\ &= 2\mu C \end{aligned}$$

30. La charge sur la surface interne est

$$\begin{aligned} Q_{\text{surface interne}} &= -Q_{\text{dans cavité}} \\ &= -4\mu C \end{aligned}$$

La charge sur la surface externe est

$$\begin{aligned} Q_{\text{surface externe}} &= Q_{\text{du conducteur}} - Q_{\text{surface interne}} \\ &= -2\mu C - -4\mu C \\ &= 2\mu C \end{aligned}$$

31. Dans l'air, le champ serait

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{2k|Q|}{r\sqrt{L^2+4r^2}} \\ &= \frac{2\cdot 9\times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot |10\times 10^{-6}C|}{0,5m\cdot\sqrt{(0,2m)^2+4\cdot(0,5m)^2}} \\ &= 3,53\times 10^5 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

Comme la permittivité relative de l'eau est 78,5, le champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{E_0}{\kappa} \\ &= \frac{3,53\times 10^5 \frac{N}{C}}{78,5} \\ &= 4496 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

32. Pour le polystyrène, le champ maximal est 24 x 10^6 N/C. Comme la permittivité relative est de 2,5, le champ dans le vide qui correspond à ce champ est

$$\begin{aligned} E &= \frac{E_0}{\kappa} \\ 24\times 10^6 \tfrac{N}{C} &= \frac{E_0}{2,5} \\ E_0 &= 60\times 10^6 \tfrac{N}{C} \end{aligned}$$

La charge maximale de la sphère est donc

$$E_{0\ \max} = \frac{k\left|Q_{\max}\right|}{r^2}$$

$$60\times10^6\ \tfrac{N}{C} = \frac{9\times10^9\ \tfrac{Nm^2}{C^2}\cdot\left|Q_{\max}\right|}{\left(0,3m\right)^2}$$

$$\left|Q_{\max}\right| = 600\mu C$$