

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi 12 mars 2015, de 8h30 à 9h50
Lieu local 366

Instructions

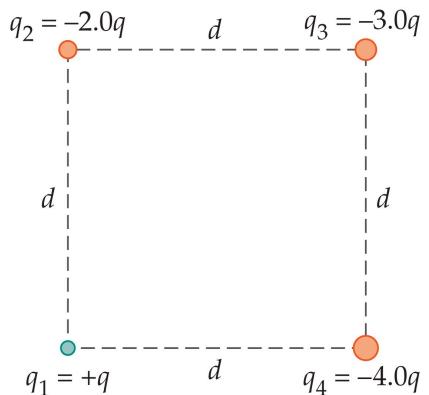
- Ce cahier contient **5 pages**. Écrivez-y vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. *Je ne le corrigerai pas*, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- L'examen contient **20 points** et vaut **20%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **7 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez complété avec d'autres formules. Vous perdrez 4/20 si vous y avez inclus des solutions ou si vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

**Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas
à me le demander !**

Question 1. Force électrique [4.5 points]

Considérez le système de charges à droite, aux coins d'un carré dont $d = 25 \text{ cm}$ et prenez $q = 2.0 \mu\text{C}$.

- Quelles sont la grandeur et la direction de la force électrique \mathbf{F} sur q_4 par les trois autres charges ?
- Si la masse de q_4 vaut $m = 1.4 \times 10^{-6} \text{ kg}$, quelle est la grandeur de son accélération ?



Solution

- A. On calcule la grandeur de chaque force avec $F_a = \frac{kq_a q_4}{r_a^2}$, qui donne $\mathbf{F}_1 = 2.30 \text{ N}$

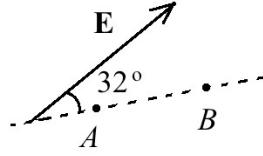
vers la gauche, $\mathbf{F}_2 = 2.30 \text{ N}$ vers le bas à droite à 45° , et $\mathbf{F}_3 = 6.91 \text{ N}$ vers le bas. On trouve les composantes :

$F_x = -2.30 + 2.30 \cos 45 + 0 = -0.67$ et $F_y = 0 - 2.30 \sin 45 - 6.91 = -8.5$. La grandeur est $F = \sqrt{0.67^2 + 8.5^2} = 8.5 \text{ N}$ à 85° au sud de l'ouest car l'angle est donné par $\tan \theta = \frac{-8.5}{-0.67}$.

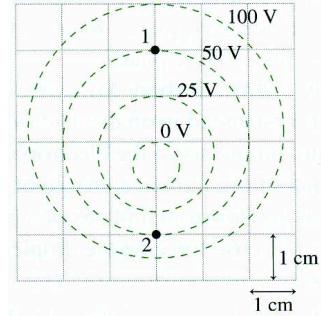
- B. De $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, on trouve $a = \frac{F}{m} = \frac{8.5}{1.4 \times 10^{-6}} = 6.1 \text{ Mm/s}^2$ dans la même direction que \mathbf{F} trouvée en A.

Question 2. Potentiel et champ électriques [3.0 points]

- A. Un champ électrique uniforme \mathbf{E} est montré à droite. Son intensité est $E = 650 \text{ V/m}$ et la distance entre A et B vaut 3.50 cm. Quelle est la différence de potentiel, $V_B - V_A$ entre les points A et B ? Indiquez le signe.



- B. Aux points 1 et 2 de la figure des équipotentialles à droite, indiquez la direction des champs électriques \mathbf{E} et donnez leurs grandeurs approximatives.



Solution

A. Comme \mathbf{E} pointe vers B , V_A est plus grand. On calcule donc

$$\Delta V = -E\Delta x \cos\theta = -(650)(0.035)\cos 32^\circ = -19.3 \text{ V}$$

B. $E_1 = \frac{V}{d} = \frac{75 - 38}{0.01} = 3700 \text{ V/m vers le bas}$, $E_2 = \frac{75 - 38}{0.005} = 7400 \text{ V/m vers le haut}$

Question 3. Condensateur [1.0 point]

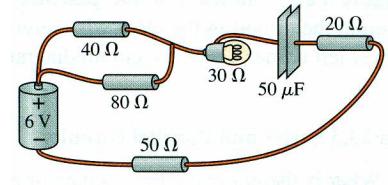
On construit un condensateur plan avec le plafond et le plancher d'une salle. S'ils mesurent 10 m par 12 m et sont séparés d'une hauteur de 4.0 m, calculez la capacité C de ce condensateur. (Constante diélectrique de l'air : $\kappa = 1.00059$)

Solution

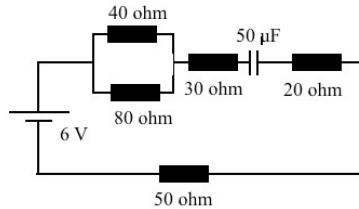
$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{(1.00059)(8.85 \times 10^{-12})(10 \times 12)}{4.0} = 2.7 \times 10^{-10} \text{ F ou } 270 \text{ pF}$$

Question 4. Circuits [1.5 point]

Tracez le diagramme du circuit montré ci-dessous avec les symboles de pile, résistances, ampoule et condensateurs utilisés dans le cours. Est-ce que $40\ \Omega$ et $80\ \Omega$ sont en série ou en parallèle ? Même question pour $80\ \Omega$ et $50\ \Omega$. Même question pour $20\ \Omega$ et $50\ \Omega$.



Solution



$40\ \Omega$ et $80\ \Omega$ en parallèle, $80\ \Omega$ et $50\ \Omega$ ni en parallèle ni en série, $20\ \Omega$ et $50\ \Omega$ en série.

Question 5. Lois de Kirchhoff [5.0 points]

À la figure ci-contre, prenez les courants I_1 , I_2 et I_3 vers le haut à travers leurs piles respectives ε_1 , ε_2 , et ε_3 .

- Que valent les trois courants I_1 , I_2 et I_3 ?
- Que vaut $V_c - V_f$? Indiquez le signe.

Solution

- Les lois de Kirchhoff sont :

$$-2000I_1 + 70 - 60 + 3000I_2 = 0$$

$$60 + 4000I_3 - 80 - 3000I_2 = 0$$

$$-2000I_1 + 70 + 4000I_3 - 80 = 0 \text{ (pas utilisée ici)}$$

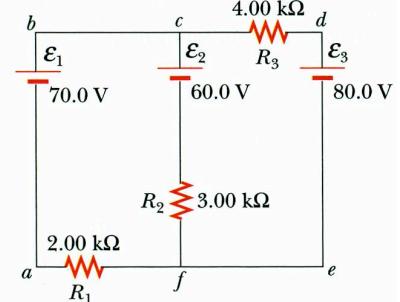
$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

De la première équation, nous trouvons $2000I_1 = 3000I_2 + 10$, de la seconde,

$4000I_3 = 3000I_2 + 20$. En remplaçant dans la quatrième, on trouve

$$\frac{3000I_2 + 10}{2000} + I_2 + \frac{3000I_2 + 20}{4000} = 0 \text{ qui donne } I_2 = \frac{-0.01}{3.25} = -3.08 \text{ mA. On trouve}$$

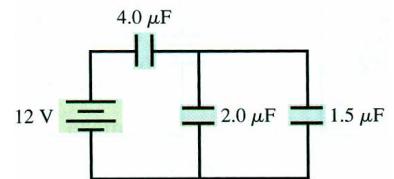
$$\text{ensuite } I_1 = \frac{3000I_2 + 10}{2000} = 0.385 \text{ mA et } I_3 = -I_1 - I_2 = -2.69 \text{ mA}$$



- $V_c - V_f = 60 + (3.08 \times 10^{-3})(3000) = 69.2 \text{ V}$

Question 6. Combinaison de condensateurs [3.0 points]

- Considérez le circuit de condensateurs et la pile à droite.
- Quelle est la capacité équivalente ?
 - Quelle est charge sur chaque condensateur ?



Solution

A. $C_{eq} = \left(4.0^{-1} + (2.0 + 1.5)^{-1}\right)^{-1} = 1.87 \mu\text{F}$

B. $Q = C_{eq}V = (1.87 \times 10^{-6})(12) = 22.4 \mu\text{C}$ (pour $4.0 \mu\text{F}$). Cette charge est égale à la somme des charges sur $2.0 \mu\text{F}$ et $1.5 \mu\text{F}$, qui ont le même $V = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_3}{C_3}$ qui donne $Q_2 = \frac{C_2}{C_3}Q_3 = \frac{2.0}{1.5}Q_3$, de sorte que $Q_2 + Q_3 = \frac{3.5}{1.5}Q_3 = 22.4 \mu\text{C}$ et $Q_3 = 9.6 \mu\text{C}$. On a donc $9.6 \mu\text{C}$ (pour $1.5 \mu\text{F}$) et $22.4 - 9.6 = 12.8 \mu\text{C}$ (pour $2.0 \mu\text{F}$).

Question 7. Circuits RC [2.0 points]

Considérez une pile de 2.0 V branchée en série à une résistance de $12 \text{ k}\Omega$ et un condensateur de $8.5 \mu\text{F}$. Initialement, ce condensateur n'est pas chargé. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

- Quelle est la charge maximale de ce circuit ?
- À quel temps t la charge vaut-elle $1.0 \mu\text{C}$?

Solutions

A. $Q = C\varepsilon = (8.5 \times 10^{-6})(2.0) = 17 \mu\text{C}$.

B. $Q = C\varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ donne $e^{-\frac{t}{RC}} = 1 - \frac{Q}{C\varepsilon}$ d'où

$$t = -RC \ln \left(1 - \frac{Q}{C\varepsilon}\right) = -(12000)(8.5 \times 10^{-6}) \ln \left(1 - \frac{1}{17}\right) = 6.2 \text{ ms}$$