

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi 10 mars 2016, de 8h30 à 9h50
Lieu local 366

Instructions

- Ce cahier contient **8 pages**, incluant deux pages pour vos calculs. Écrivez-y vos réponses.
- 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 (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. 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, calculatrices. 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. Charge électrique [2.0 points]

- A. Expliquez brièvement le phénomène physique de la démonstration faite pendant l'examen.
- B. Les figures ci-dessous illustrent une tige chargée positivement que l'on approche (Figure 1) de deux sphères conductrices identiques initialement neutres. Ensuite, tout en laissant la tige proche de A, on sépare les deux sphères (Figure 2). Finalement, on enlève la tige (Figure 3). Indiquez si chaque sphère, A et B, aura une charge finale positive, négative ou nulle.

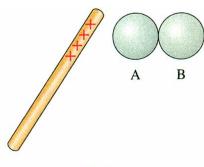


Figure 1

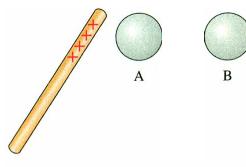


Figure 2

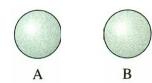


Figure 3

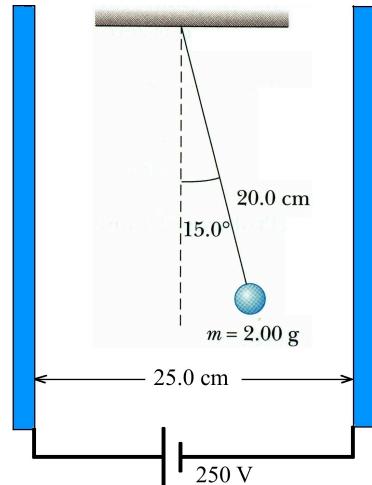
Solutions

- A. La tige chargée sépare les charges de même signe et attire les charges de signe opposé. Comme ces dernières sont plus proches, le filet d'eau est attiré par la tige.
- B. Par induction les – vont à gauche et les + à droite, une fois A et B séparées, même si on enlève la tige positive, A aura une charge négative et B aura une charge positive.

Question 2. Force, champ et potentiel électriques [3.0 points]

Une petite balle de masse 2.00 g est suspendue à une corde de longueur égale à 20.0 cm. On place le tout entre deux plaques conductrices branchées à une fém 250 V et séparées de 25.0 cm. La balle est alors en équilibre lorsque la corde fait un angle de 15.0° avec la verticale.

- A. Quelles sont la grandeur et la direction du champ électrique \mathbf{E} créé par les plaques chargées ?
- B. Quel est le signe de la charge sur la balle ?
- C. Quelle est la grandeur de la charge sur la balle ?



Solutions

- A. La plaque de gauche est positive et \mathbf{E} pointe vers la droite.

$$\text{Comme } E = \frac{V}{d} = \frac{250}{0.25}, \text{ on a } E = 10^3 \text{ V/m}$$

- B. Comme \mathbf{E} est vers la droite et que \mathbf{F}_E est vers la droite, la charge est positive.
- C. On applique la deuxième loi de Newton avec $\mathbf{a} = \mathbf{0}$, et les trois forces \mathbf{mg} (vers le bas), \mathbf{T} (parallèle à la corde vers le haut) et \mathbf{F}_E (vers la droite), ce qui donne

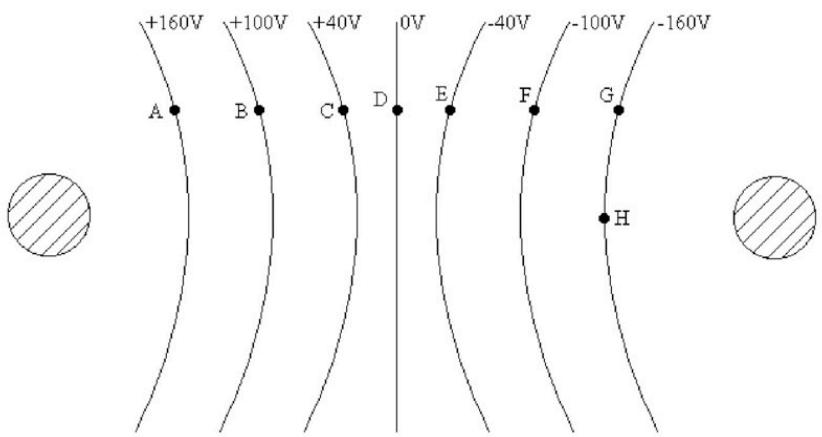
$$\sum F_x = qE - T \sin \theta = 0 \quad \text{et} \quad \sum F_y = T \cos \theta - mg = 0. \quad \text{En éliminant } T, \text{ on trouve}$$

$$\tan \theta = \frac{qE}{mg} \quad \text{et} \quad q = \frac{mg \tan \theta}{E} = \frac{(0.002)g \tan 15^\circ}{10^3} = 5.25 \mu\text{C}$$

Question 3. Surfaces équipotentielles [3.0 points]

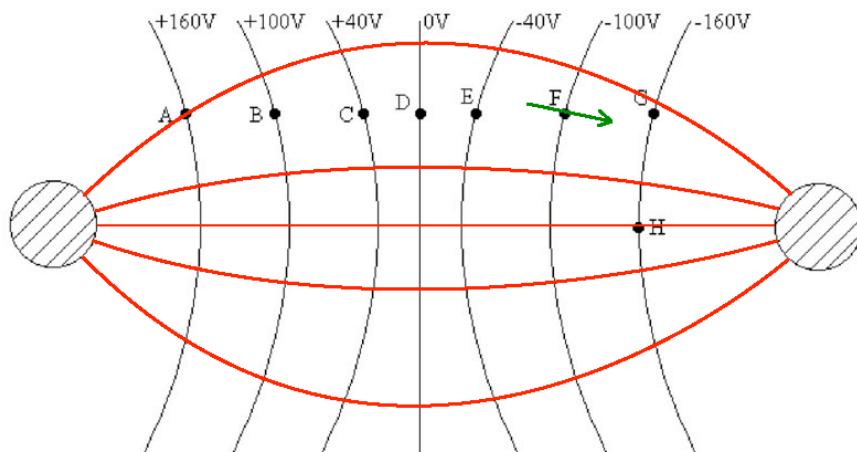
La figure ci-dessous illustre les surfaces équipotentielles entre deux conducteurs sphériques, avec la valeur du potentiel indiquée pour chacune.

- Indiquez le signe de la charge sur chaque sphère.
- Quelle est la direction du champ **E** au point **F** ?
- Le champ **E** est-il plus intense entre les points **A** et **B**, ou entre les points **D** et **E** ?
- Dessinez cinq (5) lignes de champ électrique sur la figure.
- Un proton (charge $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, masse $1.67 \times 10^{-27} \text{ C}$) est lâché du repos au point **A**. Quelle sera sa vitesse, un fois rendu à l'équipotentielle du point **G** ?



Réponses :

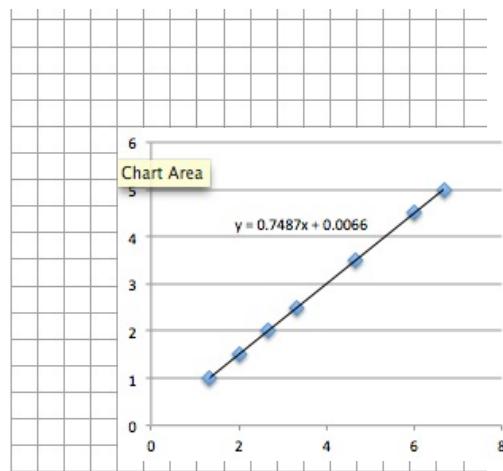
- Gauche +, droite -
- Vers la droite un peu vers le bas, car **E** pointe les *V* décroissant perpendiculairement à la surface équipotentielle. Voir flèche verte ci-dessous.
- Entre **D** et **E**, car ces lignes sont plus rapprochées.
- Courbes en rouge, figure ci-dessous
- $\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V$ donne $v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2(1.6 \times 10^{-19})(320)}{1.67 \times 10^{-27}}} = 2.48 \times 10^5 \text{ m/s.}$



Question 4. Résistances et loi d'Ohm [2.0 points]

Pour déterminer si un matériau est ohmique ou non, un groupe d'étudiants mesure le courant I produit en appliquant des différences de potentiel V . Le groupe obtient le tableau de données ci-dessous :

V (volts)	I (mA)
1.00	1.33
1.50	2.00
2.00	2.65
2.50	3.33
3.50	4.67
4.50	6.00
5.00	6.67



Le matériau est-il ohmique ? Si oui, quelle est la valeur R de sa résistance ? (Si vous le voulez, vous pouvez utiliser le papier graphique.)

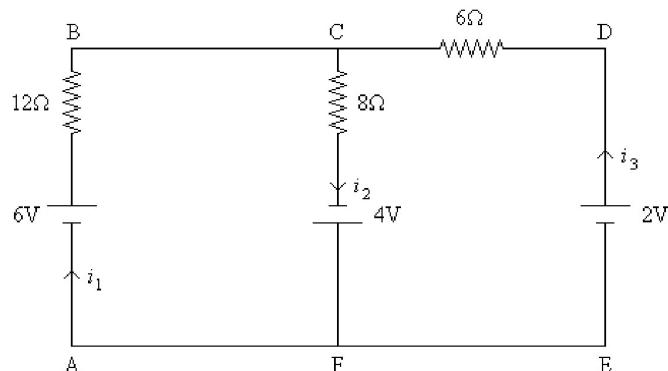
Solution

Le matériau est ohmique car la relation entre V et I est linéaire. Le graphique de V (en V) en fonction de I (en mA) a une pente $R = V/I$ d'environ $0.749 \text{ V/mA} = 750 \text{ V/A} =$

750 ohms

Question 5. Circuits électriques [3.0 points]

Pour le circuit illustré à droite, énoncez *trois* équations provenant des lois de Kirchhoff *sans les résoudre*. Vos équations devraient être exprimées en termes des courants i_1 , i_2 , ou i_3 illustrés.



Solutions

Trois parmi les quatre équations suivantes...

Noeud : $i_1 - i_2 + i_3 = 0$

Maille de gauche : $6 - 12i_1 - 8i_2 + 4 = 0$

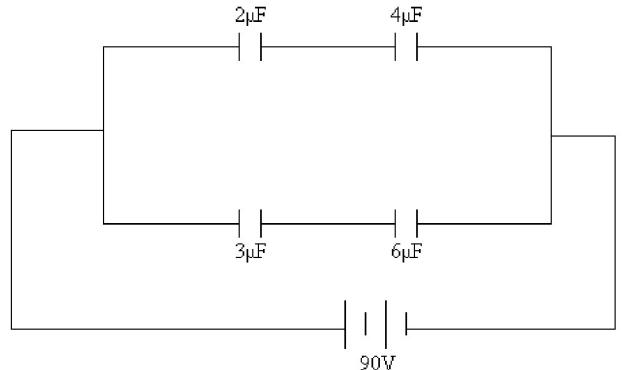
Maille de droite : $2 - 6i_3 - 8i_2 + 4 = 0$

Maille périphérique : $6 - 12i_1 + 6i_3 - 2 = 0$

Question 6. Combinaison de condensateurs [4.0 points]

Quatre condensateurs sont branchés tel qu'illustré à la figure de droite.

- Quelle est la capacité équivalente de ce circuit ?
- Quelle est la charge aux bornes de chaque condensateur ?



Solutions

A. $(2^{-1} + 4^{-1})^{-1} + (3^{-1} + 6^{-1})^{-1} = 3.33 \mu\text{F}$

B. $Q_{total} = C_{eq}V = (3.33 \times 10^{-6})(90) = 3.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ divisé entre la branche supérieure et la branche inférieure. Pour la branche supérieure on a $C_{sup} = (2^{-1} + 4^{-1})^{-1} = 4/3 = 1.33 \mu\text{F}$ et pour la branche inférieure, on a $C_{inf} = (3^{-1} + 6^{-1})^{-1} = 2 \mu\text{F}$. Les deux branches étant en parallèle, on a $V_{sup} = V_{inf}$, $\frac{Q_{sup}}{C_{sup}} = \frac{Q_{inf}}{C_{inf}}$. Il faut donc résoudre les deux équations $C_{inf}Q_{sup} = C_{sup}Q_{inf}$ et $Q_{tot} = Q_{sup} + Q_{inf} = 300 \mu\text{C}$, ce qui donne $Q_{sup} = 120 \mu\text{C}$ et $Q_{inf} = 180 \mu\text{C}$. Comme des condensateurs en série ont des charges égales, on a $Q_{2\mu\text{F}} = Q_{4\mu\text{F}} = 120 \mu\text{C}$ et $Q_{3\mu\text{F}} = Q_{6\mu\text{F}} = 180 \mu\text{C}$.

Question 7. Circuits RC [3.0 points]

Une pile de 20.0 V est branchée en série avec un interrupteur, un condensateur de 8.00 μF et une résistance de 6.00 $\text{k}\Omega$. On ferme l'interrupteur à $t = 0$ s.

- A. Quelle est la constante de temps τ de ce circuit ?
- B. Quelle sera la charge sur le condensateur après 20.0 ms ?
- C. Pour quelle valeur du temps t la charge du condensateur vaudra-t-elle 90% de sa valeur maximale ?

Solutions

A. $\tau = RC = (6 \times 10^3)(8 \times 10^{-6}) = 48.0 \text{ ms}$

B. $q(t) = \underbrace{C\varepsilon}_{q_{\max}} \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right)$ donne $8 \times 10^{-6} (20) \left(1 - \exp\left(\frac{-20}{48}\right) \right) = 54.5 \mu\text{C}$

C. On cherche t tel que $1 - \exp\left(\frac{-t}{48}\right) = 0.90$, ce qui donne $\exp\left(\frac{-t}{48}\right) = 1 - 0.90 = 0.10$
et $t = -48 \ln 0.10 = 111 \text{ ms}$

Bonne chance !

Page blanche pour vos calculs