

Nom SOLUTIONS

Numéro _____

Professeur Marc de Montigny
Date jeudi 17 mars 2022, de 8h30 à 9h50
Local local 366

INSTRUCTIONS

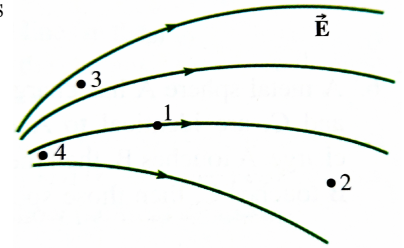
- Cet examen contient **6 pages**, incluant celle-ci. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs; je ne le corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- L'examen contient **11 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points, même si des réponses finales sont erronées, sauf pour les questions 1, 3, 7, 10 et 11, qui n'ont pas de fraction de point.
- L'examen contient **20 points** et vaut **20%** de la note finale du cours.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez imprimé et complété. Vous perdrez 5/20 si vous y avez inclus des solutions ou si vous ne retournez pas votre aide-mémoire avec l'examen.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayon ou stylo, calculatrice (programmable ou graphique aussi permise). 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 demander de le clarifier!**

Question 1. Lignes de champ électrique [1.0 point, pas de fraction de point]

La figure ci-contre montre des lignes de champ électrique \vec{E} . Classez les points 1 à 4 en ordre croissant de la grandeur du champ \vec{E} à ces points.

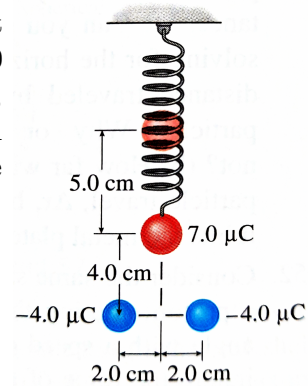
- (a) 2, 3, 4, 1
- (b) 2, 1, 3, 4
- (c) 1, 4, 3, 2
- (d) 4, 3, 1, 2
- (e) 2, 4, 1, 3



Réponse: (b) car les lignes sont de plus en plus denses

Question 2. Force électrique [3.0 points]

Une sphère de masse $m = 3.5 \text{ kg}$ avec une charge $Q = +7 \mu\text{C}$ est attachée à un ressort vertical. Deux autres petites sphères, chacune de charge $q = -4.0 \mu\text{C}$, sont attachées à 4.0 cm l'une de l'autre, comme montrée à droite, la sphère supérieure étant alors en équilibre, à 4.0 cm plus haut. Si le poids de la sphère supérieure et les forces électriques ont causé un étirement du ressort de 5.0 cm par rapport à sa longueur initiale, quelle est la constante k du ressort? (Ne pas confondre ce k avec la constante de la loi de Coulomb!)



Solution

Quatre forces agissent sur la sphère: (1) son poids mg (vers le bas), (2) le ressort \mathbf{F}_R (vers le haut), (3) la force électrique \mathbf{F}_{eG} par la charge de gauche (à θ de la verticale, vers le bas à gauche) et (4) la force électrique \mathbf{F}_{eD} par la charge de droite (à θ vers le bas à droite). L'angle est donné par $\tan \theta = a/b = 0.02/0.04$, et $\theta = 26.545^\circ$. On a $F_R = kx$ avec $x = 0.05 \text{ m}$.

Chaque charge cause

$$F_e = \frac{kQq}{r^2} = \frac{kQq}{a^2 + b^2}, \quad a = 0.02, b = 0.04$$

dont la composante verticale vaut $F_e \cos \theta$. La somme des forces mène donc à

$$kx - mg - 2 \frac{kQq}{a^2 + b^2} \cos \theta = 0$$

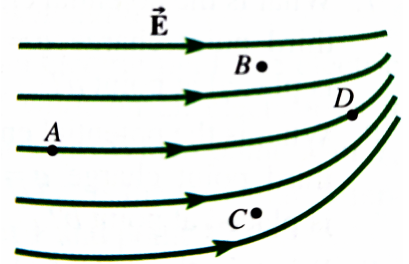
qui donne

$$k = \frac{1}{x} \left(mg + 2 \frac{kQq}{a^2 + b^2} \cos \theta \right) = \frac{1}{0.05} \left((3.5)(9.81) + 2 \frac{(9 \times 10^9)(7 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{0.02^2 + 0.04^2} \cos(26.545^\circ) \right) \approx \boxed{5200 \text{ N/m}}$$

[suite p. 3...]

Question 3. Équipotentiels électriques [1.0 point, pas de fraction de point]

La figure ci-contre montre des lignes de champ électrique \vec{E} . Quelle paire de points se trouve presque sur une équipotentielle?

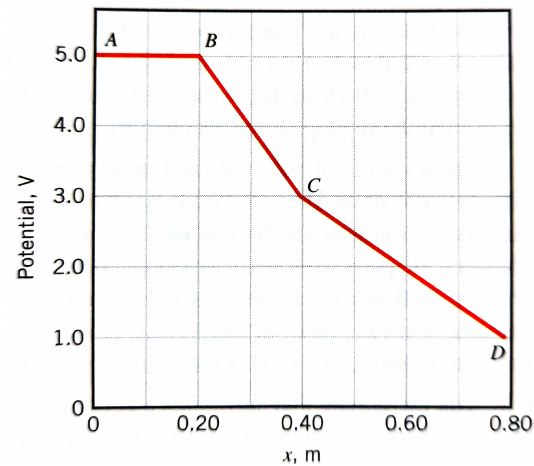


- (a) A et B
- (b) A et C
- (c) A et D
- (d) B et C
- (e) B et D

Réponse: (d) car B et C sont sur une droite perpendiculaire aux lignes

Question 4. Potentiel électrique [1.5 point]

Le graphique ci-dessous montre le potentiel électrique $V(x)$ en fonction de la position x le long d'un axe. Déterminez le champ électrique, incluant le signe, dans les régions:



- (a) A à B,
- (b) B à C,
- (c) C à D.

Réponses: (a) 0 V/m, (b) 10 V/m, (c) 5 V/m De $E = -\frac{\Delta V}{\Delta x} = (-1)$ (pente)

Question 5. Condensateurs [2.0 points]

Un condensateur plan est constitué de deux plaques d'aire 3.45 cm^2 . Si sa capacité vaut 1330 pF , quelle doit être la séparation d entre les plaques, si

- (a) l'espace entre les plaques est vide, et si
- (b) on remplit l'espace entre ces plaques avec du mica (constante diélectrique $\kappa = 5.4$)?

Solutions Avec $A = 3.45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

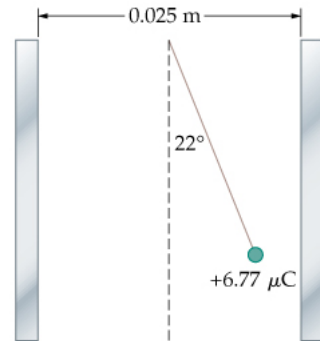
- (a) La capacité $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ donne $d = \frac{\epsilon_0 A}{C} = \boxed{2.30 \text{ } \mu\text{m}}$
- (b) La capacité $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ donne $d = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{C} = \boxed{12.4 \text{ } \mu\text{m}}$

[suite p. 4...]

Question 6. Potentiel et force électriques [3.0 points]

Une charge ponctuelle de masse $m = 75 \text{ g}$ et de charge $q = +6.77 \mu\text{C}$ est suspendue par un fil entre les plaques verticales d'un condensateur plan, tel que montré à droite.

- (a) Si la charge dévie vers la droite de la verticale, tel qu'illustré, laquelle des deux plaques est au potentiel électrique le plus élevé?
(b) Si l'angle de déviation est θ et que la séparation entre les plaques est de 2.5 cm , quelle est la différence de potentiel entre ces plaques?



Solutions

- (a) **La plaque de gauche** car \mathbf{F}_e et \mathbf{E} pointent vers la droite, dans la direction où V diminue.
(b) Trois forces agissent sur la balle: (1) le poids $m\mathbf{g}$, (2) la tension \mathbf{T} et (3) la force électrique \mathbf{F}_e vers la droite. La loi de Newton nous donne

$$\sum F_x = -T \sin \theta + qE = 0, \quad \sum F_y = T \cos \theta - mg = 0 \rightarrow \tan \theta = \frac{qE}{mg}$$

et comme la différence de potentiel est $V = Ed$, on obtient

$$V = Ed = \left(\frac{mg}{q} \tan \theta \right) d = 1098 \approx \boxed{1100 \text{ V}}$$

Question 7. Courant et résistances [1.0 point, pas de fraction de point]

Un courant circule dans une ampoule. Que se passera-t-il si on branche un fil conducteur entre chaque côté de cette ampoule, tel que montré à droite?

- (a) Tout le courant continuera de circuler dans l'ampoule.
(b) La moitié du courant passera par l'ampoule et l'autre moitié par le fil conducteur.
(c) Tout le courant circulera dans le fil conducteur.
(d) L'ampoule explosera.
(e) Aucune de ces réponses.

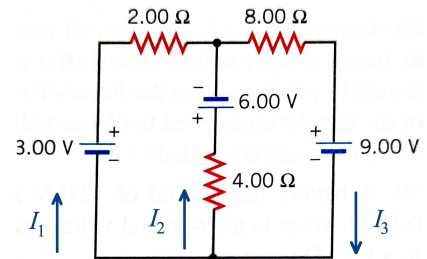


Réponse: (c) car le fil conducteur n'a aucune résistance.

[suite p. 5...]

Question 8. Lois de Kirchhoff [2.5 points]

Pour le circuit électrique ci-dessous, écrivez trois équations de Kirchhoff différentes –sans les résoudre!– mais qui permettraient de calculer les courants I_1 , I_2 et I_3 , montrés ci-dessous. *Ne résolvez PAS vos équations.*



Réponses: Trois des équations ci-dessous (ou équations équivalentes)

$$I_1 + I_2 = I_3 \text{ (loi des noeuds)}$$

$$3 - 2I_1 + 6 + 4I_2 \text{ (maille de gauche)}$$

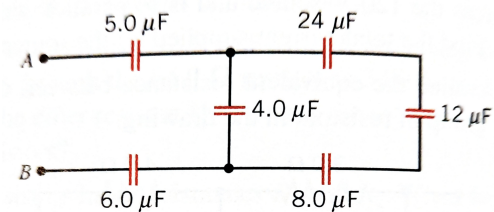
$$6 + 4I_2 + 9 + 8I_3 = 0 \text{ (maille de droite)}$$

$$3 - 2I_1 - 8I_3 - 0 = 0 \text{ (maille externe)}$$

Question 9. Combinaisons de condensateurs [2.0 points]

Considérez la combinaison de condensateurs ci-contre.

- (a) Quelle est la capacité équivalente à cette combinaison?
- (b) Si on branche une pile de 1.5 volts aux bornes A et B , quelle sera la charge aux bornes du condensateur de $5.0 \mu\text{F}$?



Solutions

(a) Pour les trois condensateurs de droite: $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8} \rightarrow C_s = 4$; qui est en parallèle avec 4 et donc $C_p = 4 + 4 = 8$. On finit avec trois condensateurs en série, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8} + \frac{1}{6} \rightarrow C_s = 2.0 \mu\text{F}$

(b) $Q_5 = Q_{eq} = C_{eq}V = (2 \times 10^{-6})(1.5) = 3.0 \mu\text{C}$

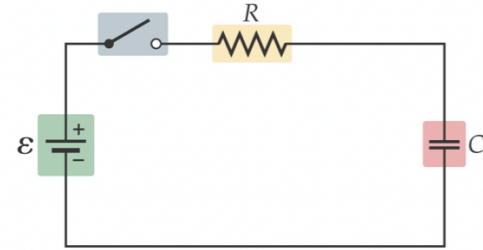
[suite p. 6...]

Question 10. Circuits RC [1.5 point, pas de fraction de point]

Le circuit RC ci-contre contient une résistance de $R = 1.2 \text{ k}\Omega$, un condensateur de $C = 1.0 \text{ mF}$ et une pile dont $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$. Immédiatement après avoir fermé l'interrupteur, combien valent I et q ?

- (a) $I = 1.0 \text{ mA}$, $q = 0.12 \text{ C}$
- (b) $I = 0.0 \text{ mA}$, $q = 0.12 \text{ C}$
- (c) $I = 1.0 \text{ mA}$, $q = 0.0 \text{ C}$
- (d) $I = 0.0 \text{ mA}$, $q = 0.0 \text{ C}$
- (e) Information insuffisante pour répondre.

Réponse: (c)



Question 11. Circuits RC [1.5 point, pas de fraction de point]

Pour le circuit RC de la question 10 ci-dessus, combien valent I et q longtemps après avoir fermé l'interrupteur?

- (a) $I = 1.0 \text{ mA}$, $q = 0.12 \text{ C}$
- (b) $I = 0.0 \text{ mA}$, $q = 0.12 \text{ C}$
- (c) $I = 1.0 \text{ mA}$, $q = 0.0 \text{ C}$
- (d) $I = 0.0 \text{ mA}$, $q = 0.0 \text{ C}$
- (e) Information insuffisante pour répondre.

Réponse: (b)

Bonne chance!