

Séance 7

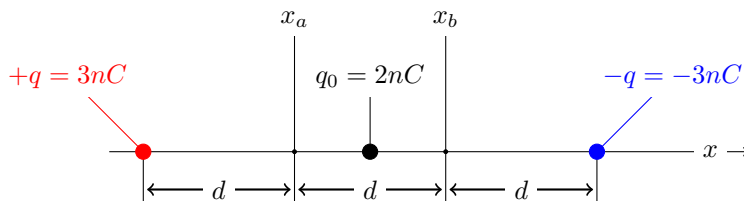
L'énergie et le potentiel électriques :-)

$$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{x}$$

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{x}$$

51

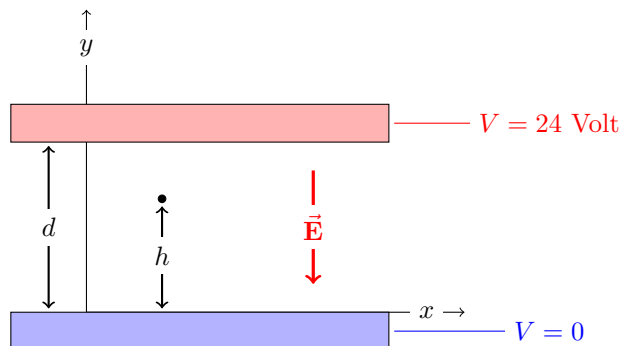
Un grain de poussière avec une masse $m = 5.0 \cdot 10^{-9}$ kg et une charge $q_0 = 2.0 \cdot 10^{-9}$ C = 2.0 nC se déplace en ligne droite d'un point a vers le point b , entre deux charges de signes opposés $q = 3.0$ nC. Au départ, le grain est au repos : sa vitesse initiale est nulle. Les charges et les points a et b sont distants d'une longueur $d = 1$ cm.



Quelle est la vitesse du grain au point b ?

52

On considère deux plaques avec une densité de charges identique mais de signe opposé et distants $d = 4.5$ mm. La taille des plaques est grande par rapport à d et on peut donc les assimiler à deux plans infinis chargés. La différence de potentiel entre les deux plaques est de 24 Volt. On posera que le potentiel est nul sur la plaque inférieure.



Quel est le potentiel électrique d'un point situé à une hauteur $h = 3.0$ mm au dessus de la plaque inférieure si on impose que le potentiel est nul sur cette dernière ?

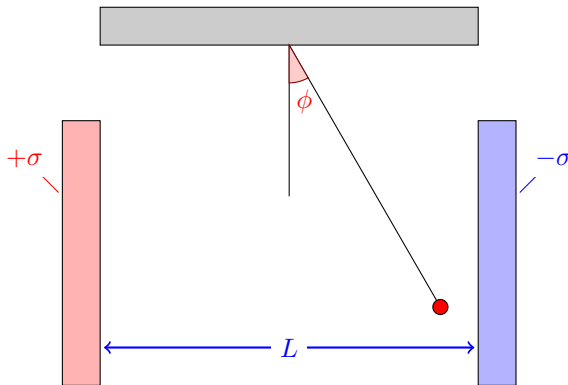
53

Deux coques sphériques ont le même centre et ont une charge répartie de manière uniforme sur la surface. La sphère intérieure a un rayon $R_1 = 5$ cm et une charge $q_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ C. La sphère extérieure a un rayon $R_2 = 15$ cm et une charge $q_2 = -5 \cdot 10^{-6}$ C. On note r la distance au centre des deux sphères.

1. Quel est l'expression du potentiel $V(r)$ si on impose un potentiel nul lorsque $r \rightarrow \infty$?
2. Calculer la valeur du potentiel pour $r = 2.5$ cm, $r = 10$ cm et $r = 20$ cm.

54

Une petite sphère chargée est suspendue par un fil de masse négligeable entre deux plaques verticales parallèles. Les deux plans sont des isolants et ont une densité de charges surfaciques respectives de $+\sigma$ et $-\sigma$. La masse de la sphère est $m = 1.5$ grammes. La charge de la sphère $q = 8.9 \cdot 10^{-9}$ C. Il y a une distance $L = 5$ centimètres entre les deux plaques.



1. Quelle doit être la différence de potentiel entre les deux plaques afin que le fil forme un angle $\phi = 30^\circ$ avec la verticale ?
2. Quelle est la valeur du champ électrique ?

55

Une charge positive q est répartie uniformément sur un segment de droite de longueur $2a$ aligné le long de l'axe y entre $y = -a$ et $y = +a$. Obtenir l'expression $V(x)$ du potentiel électrique d'un point situé sur l'axe x à une distance x de l'origine, en imposant un potentiel nul lorsque $x \rightarrow \infty$.

Obtenir la primitive est un joli exercice d'analyse :-)

Trouver la solution en faisant appel à <https://www.wolframalpha.com> peut être astucieux :-)

La solution est également dans le livre de référence !

56

Supposons que la composante en y est du champ électrique se réduit à l'expression suivante :

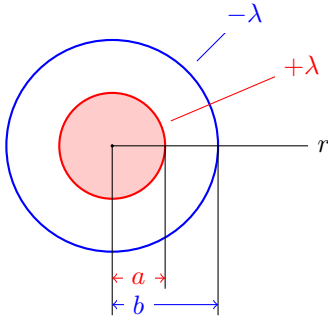
$$E_y(x, y, z) = \alpha + \frac{\beta}{y^2}$$

avec $\alpha = 600$ N/C et $\beta = 5$ Nm²/C.

Considérons les deux points de coordonnées $(0, 2, 0)$ et $(0, 3, 0)$ en centimètres.

1. Quelle est la différence de potentiel entre les deux points ?
2. Quel est le point qui a le plus haut potentiel ?

Un long cylindre métallique de rayon a est entouré d'un isolant lui-même englobé dans un tube métallique de rayon b et d'épaisseur négligeable. Il y a une densité de charges λ positive par unité de longueur sur le cylindre intérieur et une densité de charges négative égale sur le tube métallique.

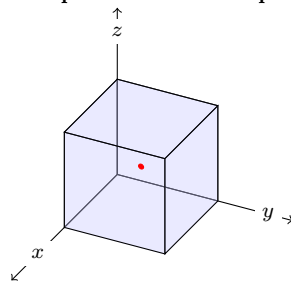


1. Obtenir l'expression du potentiel électrique $V(r)$ lorsqu'on impose $V(b) = 0$.
2. Montrer ensuite que la différence de potentiel entre les deux parties métalliques est :

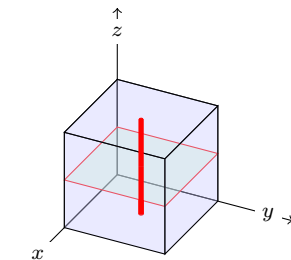
$$V(a) - V(b) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{b}\right)$$

3. Obtenir l'expression de $E(r)$ pour $r \in [a, b]$.
4. Que vaudrait $V(a) - V(b)$ si le tube métallique extérieur ne portait aucune charge ?

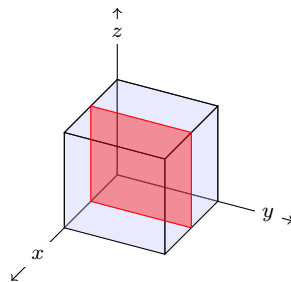
Trois potentiels électriques bien utiles :-)



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} + C$$



$$V = -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \lambda \ln(r) + C$$



$$V = -\frac{1}{2\epsilon_0} \sigma r + C$$

r représente la distance à la charge, au fil chargé ou au plan chargé.

58

Une charge $Q = 8 \mu\text{C}$ est distribuée uniformément dans une sphère isolante de rayon $R = 12 \text{ cm}$. Une bille avec une charge $q = 1 \mu\text{C}$ et une masse $m = 6 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ est lancée vers le centre de la sphère à une très grande distance. La grande sphère est maintenue immobile dans le vide sidéral et la bille peut être traitée comme une charge ponctuelle.

Quelle doit être la vitesse minimale de la particule afin de ne pas s'approcher à moins de 7 centimètres de la surface de la grande sphère ?

59

Une diode à vide se compose de deux électrodes cylindriques concentriques : une cathode négative et une anode positive. En raison de l'accumulation de charges près de la cathode, le potentiel électrique entre les électrodes n'est plus une fonction linéaire de la position même dans une géométrie plane, mais est fournie par l'expression suivante :

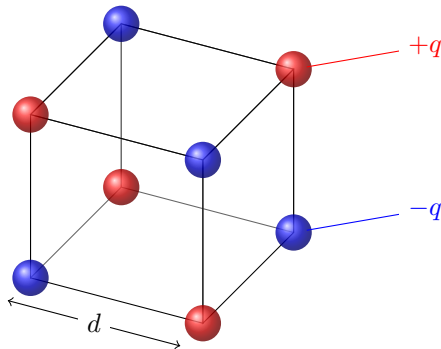
$$V(x) = Cx^{4/3}$$

où x est la distance à la cathode et C est une constante caractéristique pour une diode particulière et des conditions de fonctionnement particulières. La distance entre la cathode et l'anode est de 13 millimètres et la différence de potentiel entre les deux électrodes est 240 Volts.

1. Calculer la valeur de C .
2. Obtenir l'expression du champ électrique $E(x)$ entre les électrodes.
3. Calculer la force qui s'applique sur un électron lorsque celui-ci se trouve à mi-distance entre les électrodes ?

60

Considérons 8 charges placées sur les sommets d'un cube dont les arêtes ont une longueur d .



C'est le modèle d'un cristal cubique ionique. À titre d'exemple, les cristaux de chlorure de sodium NaCl se composent d'ions positifs Na^+ et d'ions négatifs Cl^- . On l'appelle plus communément sel de table ou sel de cuisine, ou tout simplement sel dans le langage courant. Cette roche évaporite a l'aspect d'une matière cristalline, sèche et solide. Elle est surtout friable, très soluble dans l'eau, avec un goût âcre et une saveur salée caractéristique. Cet exhausteur de goût, plus ou moins raffiné, est utilisé depuis des temps immémoriaux pour l'assaisonnement, la préservation et la conservation des aliments !

1. Calculer l'énergie potentielle requise pour construire cet arrangement si nous supposons que l'énergie potentielle est nulle lorsque toutes les 8 charges sont éloignées d'une distance infinie entre elles.
2. En déduire pourquoi on observe de tels cristaux dans le monde réel !