

Electrostatique

A. Spiga, Interrogation MP*, Lycée Condorcet

Conservation de la charge et lois de Kirchhoff en électrocinétique

Rappeler comment obtenir la relation locale de conservation de la charge en électromagnétisme. Donner son expression. Expliquer alors pourquoi dans l'AEQS, approximation des états quasi-statiques, la loi de Kirchhoff en intensité est vérifiée.

Champ d'une sphère chargée

1

Quel est le champ électrique \vec{E} en un point quelconque P à l'extérieur d'une sphère contenant une distribution uniforme ρ de charge ?

En quoi résout-on aussi le problème de Newton qui était de savoir si, dans la théorie de l'attraction gravitationnelle, la force produite par une sphère solide de matière est la même à la surface de la sphère que si toute la matière était concentrée au centre ?

2

La distribution de charges est toujours volumique à symétrie sphérique, mais n'est plus uniforme. Trouver le type de distribution $\rho(r)$ permettant de donner un potentiel électrostatique V en $\frac{1}{r}$.

3

Considérons désormais une boule creuse. Sa surface est portée au potentiel V . Quelle est la pression électrostatique à sa surface ? (La pression électrostatique est définie par analogie avec la pression mécanique de la façon suivante : si \vec{df} est une force élémentaire s'exerçant sur une surface élémentaire dS , alors la pression électrostatique p est définie par $\vec{df} = p\vec{dS}$).

On pourra calculer de deux façons distinctes le champ électrostatique \vec{E} près de la surface de la boule, afin d'en déduire la densité de charges sur celle-ci.

4

On découpe une calotte de rayon de base r sur la sphère creuse. On considère que cette calotte repose en haut de la sphère. Sa masse étant m , quel doit être le potentiel pour qu'elle se soulève ? Application numérique, commentaires.

Champ créé par une association de fils infinis (oral ENS)

1

Déterminer le champ électrique créé par un fil infini de charge linéique λ .

2

Même question pour un grillage infini constitué de fils infinis régulièrement espacés de a et de même charge linéique λ . On commencera par se placer dans le cadre de l'approximation continue, pour calculer le champ en un point très éloigné du grillage de fils. On discutera ensuite le cas général.

Piège de Paul (écrit X)

On cherche à piéger autour de l'origine un ion positif de charge e , de masse m , à l'aide d'un champ électrique. L'effet de la pesanteur sur le mouvement de l'ion est négligé.

1

Montrer qu'il n'existe pas de champ électrostatique dans le vide permettant l'équilibre stable d'une particule chargée en un point donné.

2

On considère la structure suivante qui comporte trois électrodes : une électrode E_1 dont l'équation est $x^2 + y^2 - 2z^2 = r_0^2$ et deux électrodes E_{20} et E_{21} reliées électriquement entre elles, d'équation $x^2 + y^2 - 2z^2 = -2z_0^2$. Montrer qu'en appliquant un potentiel V_0 sur l'électrode E_1 et un potentiel nul sur les autres électrodes, on crée en tout point \vec{r} entre les électrodes le potentiel électrostatique :

$$V(\vec{r}) = B_0(x^2 + y^2 - 2z^2) + V(\vec{0})$$

Exprimer B_0 en fonction de V_0 , r_0 et z_0 . Discuter de la stabilité d'un ion placé en $\vec{r} = \vec{0}$ dans ce potentiel.

Physique du nuage orageux (écrit Mines, ainsi que Feynman, *Electromagnétisme I*)

Les laboratoires d'aérologie développent désormais des techniques permettant d'envoyer jusqu'à l'intérieur des nuages, des sondes de champ électrique accrochées à des petits ballons. Le champ considéré est essentiellement vertical, on le suppose d'ailleurs parfaitement vertical. Sa valeur varie entre -200 et $+200$ kV/m . Le nuage est chargé et l'on peut y distinguer deux zones chargées négativement et une zone chargée positivement : entre 5 et 7 km d'altitude, ainsi qu'entre 10 et 15 km, $\rho < 0$, alors qu'entre 7 et 10 km, $\rho > 0$.

1

Indiquer, en le justifiant, le profil au sein du nuage du champ E , compté algébriquement positif pour un champ ascendant (NB : ce champ E vaut $-5kV/m$ au sol).

2

On modélise le nuage par un dipôle vertical situé en son centre. En admettant que le champ créé au sol est créé par ce dipôle, donner un ordre de grandeur de ce moment dipolaire. Préciser l'orientation de ce dipôle.

3

Au voisinage du sol, se développe sur une hauteur de 500 m, une zone chargée positivement en partie par ionisation de l'air. On suppose au sol une aspérité conductrice, par exemple vous. On rappelle que votre surface est par conséquent une équipotentielle du champ. Dessinez les lignes de champ, puis les équipotentielles du champ électrique près du sol sans et avec votre présence. Expliquez alors le fonctionnement des paratonnerres.