

Thème 10 : Champs et potentiels

2009–2010, durée : 3 h

Conformément à l'usage typographique international, les vecteurs sont représentés en gras

A – Questions de cours

I. Forces dérivant d'un potentiel

Donner deux conditions pour qu'un champ de force $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ dérive d'une énergie potentielle. Citer un exemple physique d'un tel champ, en montrant explicitement que ce champ dérive bien d'une énergie potentielle (on utilisera au choix l'une ou l'autre des conditions). Écrire l'énergie potentielle correspondante.

II. Champs en $1/r^2$

Donner les expressions vectorielles du champ de gravitation \mathbf{G} et du champ électrostatique \mathbf{E} produits en un point P par une distribution de particules $\{A_i\}$ de masses $\{m_i^*\}$ et de charges électriques $\{q_i\}$. On désignera par \mathbf{r}_i le vecteur position \mathbf{OA}_i situant la particule A_i par rapport à l'origine O du référentiel du laboratoire \mathcal{R} , par \mathbf{r} le vecteur position \mathbf{OP} et par \mathbf{R}_i le vecteur $\mathbf{r} - \mathbf{r}_i$.

III. Potentiels en $1/r$

Même question pour le potentiel de gravitation Φ et pour le potentiel électrostatique V . Quelles sont les relations entre les champs et les potentiels ?

B – Exercices et problèmes

I. Particule chargée dans un champ électrostatique

On considère un électron dans un champ électrique uniforme et stationnaire \mathbf{E} .

- 1) Rappeler l'expression du travail élémentaire de la force qui s'exerce sur la particule lorsqu'elle se déplace dans l'espace. En déduire qu'une telle force est conservative et déterminer l'énergie potentielle associée. Quelle est l'expression du potentiel électrique V ?
- 2) Un électron traverse successivement deux grilles G_1 et G_2 , distantes de 2 mm. Sachant que la différence de potentiel $U = V_2 - V_1$, entre les deux grilles, est de 15 V, calculer la variation d'énergie potentielle de la particule. Commenter.

II. Position stable d'une particule chargée

Une particule chargée M (charge $q > 0$) évolue sur un axe Ox entre deux particules fixes, l'une de charge q_1 en P_1 et l'autre de charge q_2 en P_2 . La distance entre P_1 et P_2 est a .

- 1) Trouver l'expression de l'énergie potentielle électrostatique de M , en fonction de sa position définie par $\overline{P_1M} = x$. En déduire la force qui s'exerce sur M ?
- 2) À quelle condition sur les charges, l'équilibre de M est-il possible ? Retrouver le cas simple où $q_1 = q_2$.
- 3) On se place dans le cas où $q_1 = 3q_2$ et $a = 12$ nm. Trouver la position d'équilibre de M . Cet équilibre est-il stable ?

III. Point équi gravitationnel entre la Lune et la Terre

Un satellite S évolue entre la Terre T et la Lune L assimilés à des points matériels.

- 1) Déterminer le point où le champ de gravitation qui s'exerce sur S est nul. On rappelle que la distance Terre-Lune est $TL = 384\,000$ km et que le rapport des masses de la Terre et de la Lune vaut $M_T/M_L = 81$.
- 2) On considère que S est au point trouvé au 1). Calculer l'énergie potentielle de gravitation du système Terre-satellite, ainsi que le rapport des énergies potentielles des systèmes Terre-satellite et Lune-satellite.

IV. Variation de l'énergie potentielle de gravitation en fonction de l'altitude

On considère un corps ponctuel A , de masse $m = 1$ kg, dans le voisinage de la surface terrestre.

- 1) Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de gravitation du système Terre- A (on rappelle que, pour le calcul des forces de gravitation à l'extérieur du globe terrestre, tout se passe comme si la terre était un point matériel). Calculer, en MJ, sa valeur au sol, sachant que :

$$M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg} \quad \text{et} \quad R_T = 6\,400 \text{ km}$$

- 2) Exprimer cette énergie, en fonction de l'altitude h , dans le cas où $h \ll R_T$. Comparer cette énergie potentielle à celle de pesanteur. En déduire une valeur approchée de la valeur du champ de pesanteur terrestre.