Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Sfax

IPEIS

01/02/2021
PT1
Durée : 2 heures

Examen de Physique

Exercice 1:

Le physicien japonais Yukawa a proposé en 1935 une interprétation des interactions nucléaires. On en donne ici quelques éléments simplifiés. Dans un référentiel $\Re$ supposé galiléen et lié au repère $(Oxyz)$, un nucléon M de masse m est soumis uniquement à une force centrale $\vec{F}$ dérivant de l'énergie potentielle $E_p(r)=\frac{K}{r}e^{-\frac{r}{a}}$ où K et a sont deux constantes (avec a positive) et r la distance OM. Cette énergie potentielle a pour origine les autres nucléons du noyau atomique.

1) Quelles sont les dimensions des constantes K et a ?

2) Déterminer l'expression de la force centrale $\vec{F}$ subie par le nucléon. Quel doit être le signe de K pour que cette force soit attractive ?

3) Démontrer que la trajectoire de M se situe dans un plan que l'on précisera.

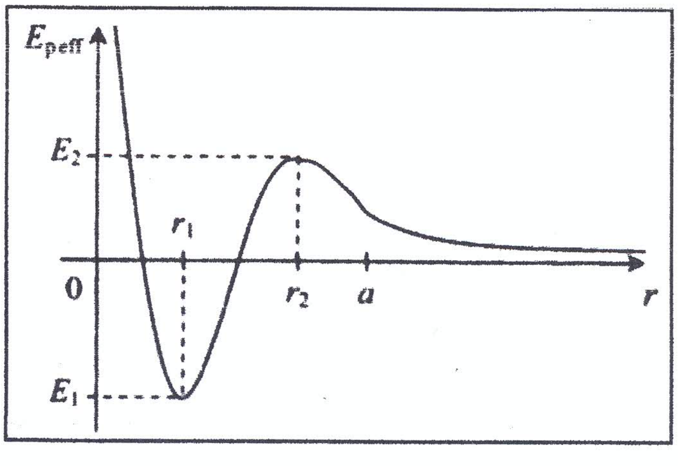
4) On choisit ce plan comme plan (Oxy) du repère, et on utilise maintenant les coordonnées polaires de M dans ce plan. Montrer que $C=r^2\dot{\theta}$ est une constante du mouvement, et donner sa valeur à partir des conditions initiales : position $\overrightarrow{OM}_0=r_0\,\overrightarrow{e_x}$; vitesse $\overrightarrow{v_0}=v_1\,\overrightarrow{e_x}+v_2\,\overrightarrow{e_y}$.

5) Montrer que l'énergie mécanique de M peut s'écrire sous la forme :

$$E_m=\frac{1}{2}m\dot{r}^2+E_{p,eff}(r)$$

avec une fonction $E_{p,eff}(r)$ à préciser. E_m est-elle constante au cours du mouvement ?

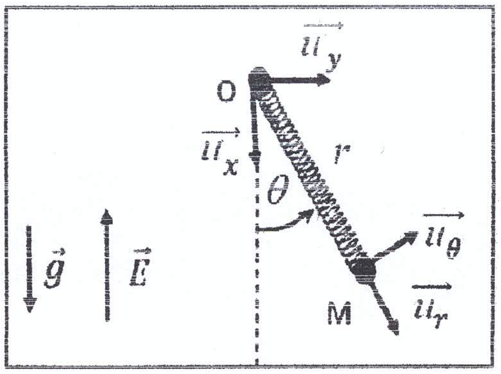
6) Si la valeur de C est suffisamment faible, la courbe représentative de $E_{p,eff}(r)$ a l'allure ci-dessous. Déterminer, en fonction des conditions initiales, si le nucléon est dans un état lié ou dans un état de diffusion. Lequel de ces deux cas correspond à la situation usuelle d'un nucléon.



Exercice 2:

On se propose d'étudier le mouvement d'un pendule constitué d'un point matériel M fixé à l'extrémité d'un ressort de raideur k et de longueur à vide r_0. Outre, le mobile M de masse m est chargé électriquement avec une charge positive $(+q)$. Etant placé dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$, il est soumis à une force électrostatique $\vec{F_e} = q\vec{E}$ (on négligera les frottements fluides et les forces magnétiques). Le mobile M oscille dans un même plan vertical (Oxy) contenant les vecteurs $\vec{u_x}$ et $\vec{u_y}$ de la base cartésienne ainsi que les vecteurs $\vec{u_r}$ et $\vec{u_\theta}$ de la base polaire (voir figure). Le référentiel $\Re_0$, considéré galiléen, est constitué d'un centre O et des vecteurs de la base cartésienne. Le mobile est abandonné initialement sans vitesse initiale à partir d'un angle θ_0 tandis que le ressort n'est pas déformé $(r = r_0)$.

Partie A : Le champ électrique est uniforme suivant l'axe vertical $\vec{E} = E\vec{u_x}$.



1) Déterminer dans la base polaire $(\vec{u_r}, \vec{u_\theta})$ la vitesse $\vec{v}(M)$ et l'accélération $\vec{\gamma}(M)$

2) Exprimer dans la même base les forces agissant sur le point M.

3) Appliquer le principe fondamental de la dynamique pour établir les équations différentielles du mouvement.

4) Déterminer le moment cinétique $\vec{\sigma_O}(M)$ au point O du point M.

5) **a/** Etablir l'équation différentielle du mouvement en appliquant le théorème du moment cinétique.

b/ A quelle condition le moment cinétique se conserve? Décrire dans ce cas l'état de mouvement.

Partie B : Le ressort est supposé rigide $(r = r_0)$ et le champ électrique est constant $\vec{E} = E\vec{u_y}$.

6) Exprimer l'énergie cinétique E_c en fonction de m, r et $\dot{\theta}$.

7) Détermine l'énergie potentielle des forces conservatives.

8) Appliquer le théorème de l'énergie mécanique et déduire l'équation différentielle en $\theta(t)$.

9) Déterminer les positions d'équilibre et discuter leurs stabilités.