Ecole Mohammadia d'Ingénieurs

===================================

Concours D'ADMISSION
EN PREMIERE ANNEE

===================================

DEUG et Licence

Epreuve de Physique

Vendredi 14 Juillet 2017
Durée 3 heures

L'épreuve comporte trois parties indépendantes à rédiger sur des feuilles séparées
Nombre de pages (celle-ci non comprise) : 3

Exercice 1 : Mécanique

R(O,x,y,z) est un référentiel supposé galiléen, on note R'(O',x',y',z') un référentiel d'origine O' dont les axes orthogonaux O'x', O'y' et O'z' sont respectivement parallèles aux axes Ox, Oy et Oz. Un pendule simple est constitué d'un point matériel P de masse m, suspendu à l'origine O' de R' par un fil sans masse ni raideur et de longueur l (voir figure 1). On note θ l'angle que fait le fil, que l'on supposera constamment tendu avec la verticale Oy de R (voir figure 1)

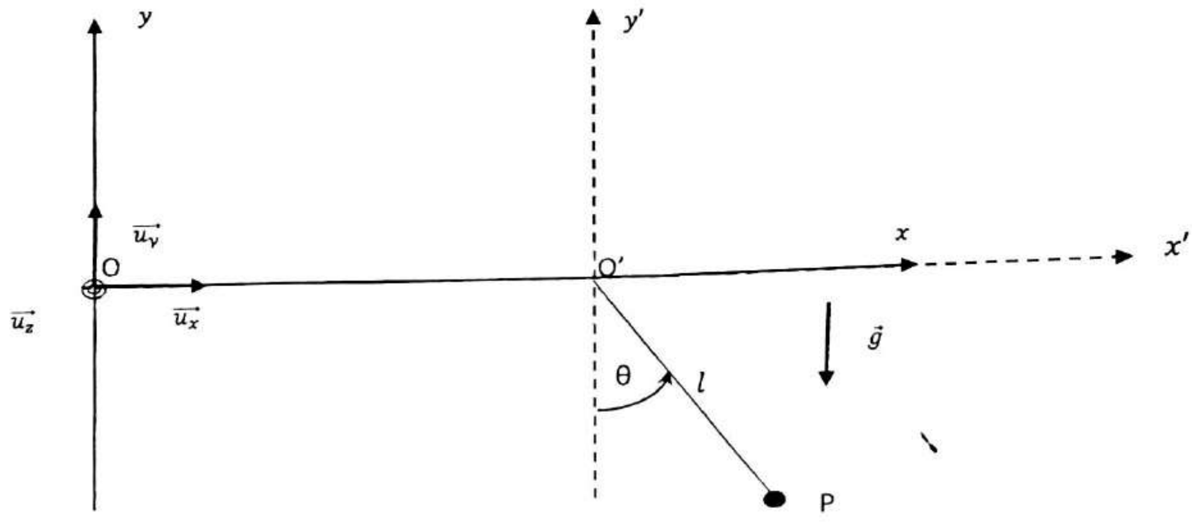

Figure 1

1) On suppose, dans cette question que l'origine O' de R' reste fixe et confondue avec l'origine O de R, quelle doit être la longueur du fil pour que la période des petites oscillations soit $T_0 = 1s$? (On prendra pour norme de l'accélération de la pesanteur $\vec{g} = -g\vec{u_y}$, la valeur de $g = 9.8$ m.s^{-2})
2) Le référentiel R' est maintenant animé d'un mouvement de translation rectiligne uniformément accéléré, d'accélération constante $\vec{a} = a\vec{u_x}$.

   Calculer le moment $\overrightarrow{M'_{O'}}(\overrightarrow{F_{ie}})$ par rapport au point O' de la force d'inertie d'entrainement $\overrightarrow{F_{ie}}$ qui s'applique au point P dans le référentiel R'.
3) Calculer le moment $\overrightarrow{M'_{O'}}(\overrightarrow{F_{ic}})$ par rapport au point O' de la force d'inertie de Coriolis $\overrightarrow{F_{ic}}$ qui s'applique au point P dans le référentiel R'.
4) Déduire du théorème du moment cinétique appliqué en O' dans R' au point matériel P l'équation différentielle à laquelle obéit l'angle θ, en fonction de l, a, g, $cos\theta$ et $sin\theta$.
5) Déterminer la valeur de l'angle θ_0 correspondant à la position d'équilibre du pendule.
6) Soit $\varepsilon = \theta - \theta_0$, l'écart par rapport à la position d'équilibre, à partir de développements limités au 1er ordre, exprimer la nouvelle équation du mouvement en ε, et en déduire la période T des petites oscillations autour de la position d'équilibre en fonction de l, a, et g.

Exercice 2 : Electricité

On considère un cerceau de centre O et de rayon R chargé électriquement avec une densité linéique constante $\lambda > 0$. On définit l'axe Oz de vecteur unitaire $\vec{e}_z$ perpendiculaire au plan du cerceau. On note ε_0 la permittivité du vide.

1. 1.1 Montrer, par des considérations de symétrie, que le champ électrostatique en un point M de l'axe Oz défini par $\overrightarrow{OM} = z\,\vec{e}_z$ est porté par Oz et ne dépend que de z.

   1.2. On pose : $\vec{E} = E(z)\vec{e}_z$. Déterminer $E(z)$.

2. On considère un dipôle électrostatique de moment constant $\vec{p} = p\,\vec{e}_z$, avec $p > 0$, et de masse m, placé au point M sur l'axe Oz.

   2.1. Montrer que la force électrostatique exercée sur le dipôle a pour expression :

   $\vec{F} = F\vec{e}_z$ avec $F = p\frac{dE}{dz}$.

   2.2. Montrer qu'il y a deux positions d'équilibre du dipôle : $+z_e$ et $-z_e$, avec $z_e > 0$.

   2.3. Donner le signe de F au voisinage de $+z_e$ et $-z_e$. Conclure quant à la stabilité de chacune des positions.

3. On considère que le dipôle occupe la position d'équilibre $+z_e$. A l'instant initial $t = 0$, on le déplace sur l'axe Oz, de cette position vers une position très proche de cote z_0 et on le lâche sans vitesse initiale. Le dipôle se met alors en mouvement le long de l'axe Oz. On pose : $s = z - z_e$.

   3.1 Ecrire la relation fondamentale de la dynamique et en déduire l'équation différentielle vérifiée par s.

   3.2 Donner la pulsation ω des petites oscillations autour de la position d'équilibre en fonction de p, m, λ, ε_0 et R.

   Donner l'expression de $s(t)$.

   3.3 Que peut-on dire de la stabilité de la position d'équilibre $+z_e$?

4. Quelle est l'unité S.I. de la pulsation ω ?

   A partir de la formule de $E(z)$, donner l'unité S.I. de la permittivité ε_0.

   En donnant l'unité de chacune des grandeurs apparaissant dans l'expression de ω, montrer que celle-ci satisfait l'homogénéité physique.

Exercice 3 : Thermodynamique

On considère un cycle de Carnot réalisé sur une masse m = 200 g d'air, dans une enceinte fermée, entre les températures T_C = 700°C et T_F = 100°C. Il est constitué de quatre transformations réversibles : une compression adiabatique, une détente isotherme, une détente adiabatique et une compression isotherme. A l'état initial (noté 1), l'air considéré comme un gaz parfait est à la pression p_1 = 1 bar et à la température $T_1 = T_F$. Les états suivants sont notés successivement 2, 3 et 4. On donne p_3 = 3 bar. On adoptera les notations W_{ij} et Q_{ij} respectivement pour le travail et la quantité de chaleur engagés durant la transformation $i \rightarrow j$.

On donne pour l'air : $c_v = 718$ J kg^{-1} K^{-1}, $c_p = 1005$ J kg^{-1} K^{-1}, $\gamma = 1.4$ et $R = 287$ J kg^{-1} K^{-1}.

1. 1.1 Donner l'expression de W_{12} et sa valeur numérique. Donner Q_{12}.

   1.2 Donner l'expression de p_2 et sa valeur numérique.
2. 2.1 Donner l'expression de Q_{23} et sa valeur numérique. Donner W_{23}.
3. 3.1 Donner l'expression de W_{34} et sa valeur numérique. Donner Q_{34}.

   3.2 Donner l'expression de p_4 et sa valeur numérique.
4. 4.1 Donner l'expression de Q_{41} et sa valeur numérique. Donner W_{41}.
5. 5.1 Exprimer le travail net au cours du cycle. Donner sa valeur numérique.

   5.2 Donner la définition du rendement η du cycle et sa valeur numérique.

   5.3 En utilisant la définition de η et les expressions littérales obtenues dans les questions 1. à 4., montrer qu'il est possible d'exprimer η en fonction des seules températures T_C et T_F. Vérifier qu'on obtient la même valeur numérique qu'en 5.2.

   5.4 On reprend le même cycle en changeant la valeur de p_3 à 4 bar. Quel est le rendement du nouveau cycle ?