

## 2 Exercices

### 2.1 Exercice 1 – Mécanique : mouvement planétaire et forces d'inertie

1. On considère le mouvement d'une planète autour du Soleil, soumise uniquement à la gravitation newtonienne. Établir l'équation du mouvement du centre de masse de la planète.
2. Montrer que le moment cinétique est constant au cours du temps. Quelle conséquence cela a-t-il sur la géométrie du mouvement ?
3. Déterminer l'énergie mécanique totale du système et discuter les conditions pour qu'il existe une orbite circulaire.
4. Étudier la stabilité de cette orbite circulaire. Que se passe-t-il pour une faible perturbation du rayon ?
5. En fonction de la valeur de l'énergie totale, discuter la nature des trajectoires possibles. Donner les formes qualitatives du potentiel effectif et des trajectoires correspondantes.
6. On se place maintenant dans un référentiel tournant d'angle angulaire constant autour du Soleil. Écrire l'équation du mouvement dans ce référentiel en identifiant les forces d'inertie.
7. Quelle condition doit satisfaire la vitesse angulaire du référentiel pour qu'une planète sur orbite circulaire apparaisse immobile ? Comment interpréter physiquement ce résultat ?

### 2.2 Exercice 2 – Électromagnétisme : champ et énergie d'un solénoïde

1. On considère un solénoïde long comportant  $N$  spires parcourues par un courant  $I$ . Discuter les symétries du système et déterminer, à l'aide du théorème d'Ampère, le champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur du solénoïde.
2. Exprimer l'énergie magnétique stockée dans le champ et en déduire l'inductance  $L$  du solénoïde. Quelle est son unité dans le S.I. ?
3. Le courant devient maintenant variable au cours du temps. Exprimer la force électromotrice auto-induite et préciser son signe. Expliquer le sens physique de la loi de Lenz.
4. On place un disque conducteur de résistance  $R$  juste sous l'extrémité du solénoïde, dans une région où le champ magnétique varie au cours du temps. Déterminer le sens du courant induit dans le disque et la direction de la force de Laplace qui s'exerce sur lui.
5. Que devient cette force lorsque  $R$  devient très faible ? Quelle conséquence cela a-t-il sur le mouvement du disque ?

### 2.3 Exercice 3 – Thermodynamique : cycle de Carnot

1. Un gaz parfait monoatomique réalise un cycle de Carnot réversible entre deux sources à températures  $T_H$  et  $T_C$ . Décrire les quatre transformations du cycle et les représenter sur le diagramme  $P, V$ .
2. Établir l'expression du travail échangé pour chacune des transformations et en déduire le

travail total sur un cycle.

3. Montrer que le rendement d'un cycle de Carnot ne dépend que des températures des sources. Donner son expression et commenter le cas limite  $T_H = T_C$ .
4. Considérons maintenant un gaz réel vérifiant l'équation de Van der Waals  $(P + a/V^2)(V - b) = RT$ . Comment les termes correctifs  $a$  et  $b$  modifient-ils le rendement et le diagramme du cycle ?
5. Discuter enfin le rôle de la réversibilité. Quelles conséquences physiques auraient des frottements internes ou des gradients de température sur le rendement réel du cycle ?