

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 19 : Forces centrales



Une notion à bien comprendre, un point à retenir.



Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.



Un savoir-faire à acquérir.



Un exercice du TD pour s'entraîner.

1 Champ de force centrale conservatif

1.1 Définition



Définir un **champ de force centrale**.

1.2 Force d'interaction gravitationnelle, force d'interaction électrostatique



Exprimer la force d'interaction gravitationnelle entre deux masses ponctuelles et la force d'interaction électrostatique entre deux charges ponctuelles.



Définir un champ de force **newtonien**.

1.3 Énergie potentielle d'un champ newtonien



Exprimer sans démonstration l'énergie potentielle associée à un champ newtonien. Donner l'expression de l'énergie potentielle gravitationnelle puis électrostatique.



Démontrer qu'un champ de force newtonien est conservatif et établir l'expression de l'énergie potentielle associée. On admet qu'en coordonnées sphériques $\vec{\text{grad}} E_p(r) = \frac{dE_p}{dr} \vec{u}_r$.

1.4 Force exercée par un ressort élastique



Justifier que la force de rappel élastique exercée par un ressort dont l'une des extrémités est fixe est centrale. Rappeler sans démonstration l'expression de l'énergie potentielle élastique.

2 Relations de conservation, propriétés du mouvement

2.1 Conservation du moment cinétique



Démontrer qu'au cours d'un mouvement dans un champ de force centrale, **le moment cinétique se conserve**.

2.1.1 Planéité du mouvement



Justifier que la conservation du moment cinétique implique que **le mouvement est plan**. Préciser quel est ce plan.

2.1.2 Loi des aires



Démontrer que pour un mouvement dans un champ de force centrale la quantité $C = \frac{\|\vec{L}\|}{m} = r^2\dot{\theta} = rv_\theta$ se conserve. Donner son nom (*constante des aires*).



Énoncer la loi des aires sous sa forme **géométrique** (Au cours du mouvement, le vecteur $\vec{OM}$ balaye des aires égales pendant des intervalles de temps égaux).



Énoncer sans démonstration la loi des aires sous sa forme **mathématique** : $\frac{dA}{dt} = \frac{C}{2}$ avec $\frac{dA}{dt}$ la vitesse aréolaire et C la **constante des aires**.



Loi des aires : exercice 4.

2.2 Conservation de l'énergie mécanique

-  Montrer que le mouvement radial peut être étudié en faisant intervenir une **énergie potentielle effective** $E_{p,\text{eff}}(r)$ dont on donnera l'expression en fonction de l'énergie potentielle $E_p(r)$ et de C .
- TD Énergie potentielle effective : exercices 3,4,7.

3 Cas du champ d'attraction gravitationnel

On étudie plus particulièrement dans ce paragraphe le mouvement d'un système de masse m autour d'un corps massif de masse $M \gg m$, mû uniquement par la force de gravitation. Le champ créé est newtonien, tel que $k = GMm$.

3.1 Référentiel d'étude

- ♥ Définir le **référentiel terrestre, géocentrique, héliocentrique, de Copernic**.

3.2 Étude des différents types de trajectoire possible

-  Donner l'expression de l'énergie potentielle effective dans le cas de l'interaction gravitationnelle. Tracer son graphe et décrire les différents types de trajectoires possible en fonction du signe de l'énergie mécanique. Définir ce qu'est un **état lié** et un **état diffus**.
-  Dans chacun des cas, le centre de force se trouve dans l'un des **foyers de la trajectoire conique** (la définition mathématique du foyer d'une conique n'est pas à connaître).

3.3 Lois de Kepler

- ♥ Énoncer les trois lois de Kepler.
- TD 3^e loi de Kepler : exercices 1,2,5.

3.4 Étude des trajectoires circulaires

-  Établir l'expression de la vitesse angulaire, la vitesse, la période de révolution, l'énergie cinétique, potentielle, mécanique, en fonction du rayon de la trajectoire.
-  Établir la 3^e loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.
- TD Mouvement circulaire dans un champ gravitationnel : exercices 2,6,7.

3.5 Cas des trajectoires elliptiques

- ♥ Donner sans démonstration l'expression de l'énergie mécanique en fonction du demi grand-axe a de la trajectoire.
-  Établir cette expression en utilisant la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer $r_{\min}$ et $r_{\max}$.
- TD Mouvement elliptique dans un champ gravitationnel : exercices 1,2,6,7.
- TD Calcul de $r_{\min}$ et $r_{\max}$ par conservation de l'énergie mécanique : exercices 4,6.

3.6 Jour sidéral, jour solaire

- ♥ Définir le **jour solaire** T_{sol} , le **jour sidéral** T_{sid} . Connaître la valeur de la durée du **jour solaire moyen** ($24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$).

3.7 Satellites terrestres

-  Illustrer sur quelques exemples les différentes orbites terrestres, choisies selon la fonction remplie par le satellite. Connaître en ordre de grandeur l'altitude associée à une orbite basse, moyenne, géostationnaire.
- ♥ Définir ce qu'est un **satellite géostationnaire**.
-  Expliquer quel doit être le plan du mouvement d'un satellite géostationnaire. Déterminer littéralement l'altitude de l'orbite géostationnaire à l'aide de la troisième loi de Kepler.

3.8 Vitesses cosmiques

- ♥ Définir la **première** et la **deuxième vitesse cosmique**.
- 💡 La deuxième vitesse cosmique est également appelée **vitesse de libération**.
- ✍ Établir l' expression de chacune de ces deux vitesses en utilisant un raisonnement énergétique. Connaître leur ordre de grandeur.
- TD Vitesse de libération : exercice 9.

3.9 Masse inertielle, masse gravitationnelle

- ♥ Définir la **masse inertielle** et la **masse gravitationnelle**.
- 💡 La théorie de la relativité générale s'appuie, entre autres, sur le postulat de **l'égalité de la masse inertielle et la masse gravitationnelle**, c'est le principe **d'universalité de la chute libre**.