

MÉCANIQUE

CHAPITRE 4 : ÉNERGÉTIQUE DU POINT MATÉRIEL

| | |
|--|---|
| Puissance, travail et énergie cinétique Puissance et travail d'une force dans un référentiel. | Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. |
| Théorèmes de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen, dans le cas d'un système modélisé par un point matériel. | Utiliser le théorème approprié en fonction du contexte. |
| Champ de force conservative et énergie potentielle Énergie potentielle. Lien entre un champ de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient. | Établir et citer les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur (champ uniforme), de l'énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel), de l'énergie potentielle élastique. Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle, l'expression du gradient étant fournie. Dédire qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée. |
| Énergie mécanique Énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique. Mouvement conservatif. | Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales. |
| Mouvement conservatif à une dimension. | Identifier sur un graphe d'énergie potentielle une barrière et un puits de potentiel. Dédire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle. |
| Positions d'équilibre. Stabilité. | Dédire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre. Analyser qualitativement la nature, stable ou instable, de ces positions. |
| Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique. | Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre. |

I Puissance et travail d'une force

1) Puissance

2) Travail

II Énergie cinétique

1) Définition

2) Théorème de la puissance cinétique

$$\frac{d\mathcal{E}_c(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F})$$

3) Théorème de l'énergie cinétique

$$\Delta_{AB}\mathcal{E}_c(M/\mathcal{R}_g) = W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

III Énergies potentielles

1) Définitions

(a) Force conservative et énergie potentielle

(b) Force dissipative/non-conservative

2) Énergies potentielles des forces conservatives usuelles

de pesanteur (d'Archimède),
élastique,
électrique,
gravitationnelle et électrostatique

IV Énergie mécanique

1) Définition

2) Théorème de l'énergie mécanique

$$\Delta_{AB}\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{nc})$$

3) Théorème de la puissance mécanique

$$\frac{d\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = \mathcal{P}(\vec{F}_{nc})$$

3) Conservation de l'énergie mécanique pour système conservatif

$$\frac{d\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g)}{dt} = 0 \Leftrightarrow \mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = \mathcal{E}_{m0} \Rightarrow \Delta_{AB}\mathcal{E}_m(M/\mathcal{R}_g) = 0$$

V Mouvement conservatif à une dimension

A Système

- 1) à un degré de liberté
- 2) conservatif à un degré de liberté

B Graphe d'énergie potentielle

1) Équilibres

- (a) Position d'équilibre
- (b) Stabilité de l'équilibre
- (c) Au voisinage de l'équilibre stable

2) États énergétiques

- (a) Énergies
 - (b) État lié ou état de diffusion
 - (c) Puits de potentiel et barrière de potentiel
-

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Donner la définition de la puissance et du travail élémentaire d'une force. Préciser son unité.
2. Caractériser la force selon le signe de sa puissance ou de son travail élémentaire.
3. Donner la définition du travail sur un chemin d'une force.
4. Donner l'expression du travail sur un chemin d'une force constante.
5. Donner la définition de l'énergie cinétique. Préciser son unité et son signe.
6. Énoncer le théorème de la puissance cinétique.
7. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.
8. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on le TPc ou le TEc ?
9. Donner la relation générale entre une force conservative et son énergie potentielle.
10. Préciser l'unité et le signe de l'énergie potentielle.
11. Citer au moins 2 forces non-conservatives qui ne travaillent pas.
12. Citer les deux forces dissipatives.
13. Citer une force non-conservative qui travaille mais qui n'est pas dissipative.
14. Citer 6 forces conservatives.
15. Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur.
16. Déterminer l'énergie potentielle de la poussée d'Archimède.
17. Déterminer l'énergie potentielle élastique.
18. Déterminer l'énergie potentielle électrique.
19. Déterminer l'énergie potentielle gravitationnelle.
20. Déterminer l'énergie potentielle électrostatique.

21. Donner la définition de l'énergie mécanique.
Préciser son unité et son signe.
 22. Énoncer le théorème de la puissance mécanique.
 23. Énoncer le théorème de l'énergie mécanique.
 24. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on le TPm ou le TEm ?

 25. Donner la définition d'un système conservatif.
 26. Énoncer la conservation de l'énergie mécanique sous ses deux formes.
 27. Comment déterminer la constante de l'intégrale première du mouvement ?
 28. Dans quelle(s) situation(s) utilise-t'on les CEm ?

 29. Citer des exemples de systèmes conservatifs à un degré de liberté.
 30. Quelle est la relation entre la force conservative et son énergie potentielle pour un système conservatif à un degré de liberté ?
Quel est le sens et quelle est l'intensité de la force associée à un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté ?
 31. Définir la position d'équilibre d'un système conservatif à un degré de liberté mathématiquement et graphiquement.
Définir la position d'équilibre stable/instable d'un système conservatif à un degré de liberté mathématiquement et graphiquement.
 32. Qu'est-ce-que l'approximation locale par un puits de potentiel harmonique au voisinage d'un équilibre stable d'un système conservatif à un degré de liberté ?
 33. Où lire l'énergie cinétique sur un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté ?
Où sont les positions de vitesse nulle ?
 34. Définir et représenter un état lié/de diffusion dans un graphe d'énergie potentielle d'un système conservatif à un degré de liberté.
 35. Définir un puits de potentiel et une barrière de potentiel.
36. Déterminer la vitesse finale d'un point matériel M de masse m en chute libre sans vitesse initiale depuis une hauteur H dans le champ de pesanteur terrestre à partir du Principe fondamental de la Dynamique, du théorème de l'énergie cinétique et de la conservation de l'énergie mécanique.
 37. Déterminer l'équation différentielle du mouvement du pendule simple dans le cadre de l'approximation linéaire dite limite des "petites" oscillations à partir du Principe fondamental de la Dynamique, du théorème de la puissance cinétique et de la conservation de l'énergie mécanique.
 38. ...

**CHAPITRE 5 : MOUVEMENTS DANS DES CHAMPS
ÉLECTROSTATIQUE ET MAGNÉTOSTATIQUE UNIFORMES**

| | |
|--|---|
| Force de Lorentz exercée sur une charge ponctuelle ; champs électrique et magnétique. | Évaluer les ordres de grandeur des forces électrique ou magnétique et les comparer à ceux des forces gravitationnelles. |
| Puissance de la force de Lorentz. | Justifier qu'un champ électrique peut modifier l'énergie cinétique d'une particule alors qu'un champ magnétique peut courber la trajectoire sans fournir d'énergie à la particule. |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme. | Mettre en équation le mouvement et le caractériser comme un mouvement à vecteur accélération constant. Effectuer un bilan énergétique pour déterminer la valeur de la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel. |
| Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme dans le cas où le vecteur vitesse initial est perpendiculaire au champ magnétostatique. | Déterminer le rayon de la trajectoire et le sens de parcours. |

I Charge ponctuelle dans un champ électromagnétique

A Champ électromagnétique

1) Champ électrique

2) Champ magnétique

B Interaction électromagnétique

1) Force de Lorentz

2) Aspects énergétiques

(a) Puissance de la force de Lorentz magnétique nulle

(b) Énergie potentielle électrique

C Mise en équation

1) Hypothèses

2) Équation générale du mouvement

II Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

avec \vec{E} dans le plan de \vec{v}_0

1) Équations différentielles du mouvement

2) Équations horaires du mouvement

3) Équation de la trajectoire

4) Aspects énergétiques

III Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétostatique uniforme

avec \vec{B} orthogonal à \vec{v}_0

1) Équations différentielles du mouvement

2) Équations horaires du mouvement

Méthode "en polaires"

Méthode de résolution par substitution

Méthode de résolution par les complexes

3) Équation de la trajectoire

4) Aspects énergétiques

Applications

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Donner l'expression vectorielle de la force de Lorentz.
Distinguer les forces de Lorentz électrique et magnétique.
Sont-elles conservatives (préciser l'expression de l'énergie potentielle) ou non ? Travaillent-elles ou non (justifier que la puissance est nulle) ?
2. Donner la valeur de la charge élémentaire.
Donner la valeur d'un électron-Volt.
3. Donner la masse d'un électron, d'un proton, d'un neutron.
Donner la charge d'un électron, d'un proton, d'un neutron.
4. Que signifie "non-relativiste" pour une particule ?
5. Donner les définitions de stationnaire et d'uniforme.
Donner les dépendances d'un champ électrique ou magnétique stationnaire et/ou uniforme.
6. Quelle est l'unité d'un champ électrique ?
Par quoi est créé un champ électrique ?
Donner l'ordre de grandeur du champ électrique "ambiant" et du champ disruptif de l'air (en rappelant à quoi ils correspondent).
Quelle est l'action d'un champ électrique sur une particule chargée ?
— Identifier la nature de la déviation.
— Justifier l'accélération/ la décélération.
Donner la définition du champ électrostatique en fonction du potentiel électrique.
Dans quel sens est le champ électrique en fonction du signe de la différence de potentiels électrique ?
7. Quelles sont les unités d'un champ magnétique ?
Par quoi est créé un champ magnétique ?
Donner l'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre, des aimants et des électroaimants (en rappelant à quoi ils correspondent).
Quelle est l'action d'un champ magnétique sur une particule chargée :
— Identifier la nature de la déviation.
— Justifier la non-accélération/ la non-décélération.
8. Montrer que le poids est négligeable devant les forces de Lorentz pour un électron non-relativiste dans le champ électrique "ambiant" et le champ magnétique terrestre.
9. Mouvement d'une particule ($M(m)$) chargée ($q \gtrless 0$) dans un champ électrostatique uniforme ($\vec{E} = E\vec{u}_y, E > 0$) avec une vitesse initiale **dans le plan** du champ électrostatique uniforme ($\vec{v}_0 = v_0 \cos \alpha \vec{u}_x + v_0 \sin \alpha \vec{u}_y, v_0 > 0$ et $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$) à l'origine à l'instant initial ($O = M(t = 0)$) :
(a) Faire un schéma.
(b) Déterminer les équations différentielles du mouvement. Commenter.
(c) Déterminer les équations horaires du mouvement.
(d) Déterminer l'équation de la trajectoire en précisant ses caractéristiques.
(e) Tracer l'allure de la trajectoire dans les différents cas ($q \gtrless 0$ et $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$).
10. Mouvement d'une particule ($M(m)$) chargée ($q \gtrless 0$) dans un champ magnétostatique uniforme ($\vec{B} = B\vec{u}_y, B > 0$) avec une vitesse initiale **orthogonale** au champ magnétostatique uniforme ($\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_x, v_0 > 0$) à l'origine à l'instant initial ($O = M(t = 0)$) :
(a) Faire un schéma.
(b) Déterminer les équations différentielles du mouvement. Commenter.
(c) Déterminer les équations horaires du mouvement par la :
— **méthode de résolution par substitution**,
— **méthode de résolution par les complexes**.
(d) Déterminer l'équation de la trajectoire en précisant ses caractéristiques.
(e) Tracer l'allure de la trajectoire dans les différents cas ($q \gtrless 0$) en précisant le plan dans lequel elle est tracée.
11. Quand utiliser la **méthode "en polaires"** ou pas ? Que permet-elle de déterminer ou pas ? La mettre en oeuvre.
12. Donner l'expression de la pulsation cyclotron et du rayon de Larmor.
13. Citer des applications.
14. Citer d'autres trajectoires possibles pour les particules chargées dans un champ magnétostatique uniforme.
15. ...