

# PCSI Physique - Programme de colle 19

Semaine du 3 au 7 mars 2025.

## Chapitre $M_3$ - Energie et mouvement

- Travail élémentaire d'une force. Travail sur un chemin. Travaux moteurs et résistants.
- Puissance d'une force, ordres de grandeur. Lien avec le travail.
- Energie cinétique d'un point matériel. Théorèmes de la puissance cinétique et de l'énergie cinétique. Intérêt pratique et interprétation physique.
- Forces conservatives et énergie potentielle. Intérêt : le travail d'une force conservative ne dépend pas du chemin suivi.
- Gradient d'une fonction dans  $\mathbb{R}^3$ . Intérêt pour les forces dérivant d'un potentiel, relation  $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_p$ . Référence des potentiels.
- Exemples d'énergie potentielle : énergies potentielles élastique, de pesanteur, gravitationnelle, électrostatique.
- Forces non conservatives, exemple des frottements solides ou fluides.
- Energie mécanique, théorèmes de l'énergie mécanique et de la puissance mécanique.
- Intérêt des aspects énergétiques : problèmes à un degré de liberté. Intégrales premières du mouvement. Exemples du système masse-ressort avec ou sans frottement et du pendule simple.
- Etudes graphiques : graphes d'énergie potentielle. Etats liés/de diffusion, équilibres stables et instables, points d'arrêt.
- Approximation harmonique au voisinage d'un équilibre stable. Expression de la "constante de raideur" comme la dérivée seconde de l'énergie potentielle.

### Questions de cours potentielles :

- Déterminer les expressions des énergies potentielles élastique, de pesanteur, gravitationnelle et électrostatique, et proposer un choix pertinent de référence pour ces énergies potentielles.
- Déterminer l'équation horaire du pendule simple par une méthode énergétique.
- Déterminer l'équation horaire du système masse-ressort horizontal amorti par frottement  $\vec{f} = -\alpha\vec{v}$  par une méthode énergétique.
- Tracer les graphes de potentiel du pendule simple et du système masse-ressort, et déterminer les positions d'équilibre (stable ou instable), ainsi que les états liés et de diffusion.
- On considère un point matériel subissant une force conservative dérivant d'une énergie potentielle  $E_p(x)$  présentant une position d'équilibre stable  $x_{eq}$ . Démontrer que, si  $E_m$  est suffisamment proche de  $E_p(x_{eq})$ ,  $\xi = x - x_{eq}$  est solution de  $\ddot{\xi} + \omega_0^2 \xi = 0$ .

## Chapitre $M_4$ - Mouvement de particules chargées dans un champ EM

- Produit vectoriel : définition, propriétés, méthodes de calcul. Lien avec les bases. Dérivée des vecteurs de la base cylindrique par le produit vectoriel avec  $\vec{\omega} = \dot{\theta} \vec{e}_z$ .
- Notion de champ en physique. Champ électrique : définition à partir du champ créé par une charge ponctuelle. Lien avec le potentiel  $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} V$ , énergie potentielle électrostatique  $E_p = qV$ . Ordres de grandeur.
- Champ magnétique : électroaimants et matériaux aimantés. Ordres de grandeur.
- Force de Lorentz. Aspects énergétiques : puissance de la force de Lorentz. Seule la partie électrique travaille.

- Mouvement dans une particule chargée dans un champ  $\vec{E}$  uniforme et statique. Cas général. Exemple du tube cathodique.
- Utilisation des théorèmes énergétiques : calcul de la vitesse d'une particule à la sortie d'un élément d'accélérateur linéaire.
- Mouvement dans un champ  $\vec{B}$  uniforme et statique : détermination "intuitive" du mouvement par le produit vectoriel. Etablissement du système d'équations différentielles couplées *uniquement dans le cas*  $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$ . Pulsation cyclotron.
- Découplage du système différentiel : par dérivation, ou par variable complexe  $\underline{\xi} = \dot{x} + i\dot{y}$ .
- Détermination "rapide" du rayon de courbure de la trajectoire par écriture en norme du PFD et exploitation de  $\|\vec{a}\| = v^2/R$ .

### Questions de cours potentielles :

- Calculer la puissance de la force de Lorentz, et commenter.
- Etudier le mouvement d'une particule de charge  $q$  dans un champ électrostatique  $\vec{E}$  avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0$  et une position initiale  $\vec{r}_0$ , dans le cas général.
- Entre  $x = 0$  et  $x = L$  règne un champ électrique  $\vec{E} = E\vec{e}_x$  uniforme. Déterminer la vitesse d'une particule à la sortie de cette région par une méthode énergétique, si sa vitesse initiale est nulle.
- On considère une particule de charge  $q$  se déplaçant dans un champ magnétique  $\vec{B} = B\vec{e}_z$  uniforme avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_x$ . En négligeant le poids, écrire les équations du mouvement, puis la résoudre en dérivant les équations.

## Exercices

Exercices sur les chapitres  $M_3$  et  $M_4$ .