

Semaine du 09/12/2024

Chapitre M1 – Cinématique du point matériel

Plan du cours

I Description classique du mouvement d'un point matériel

I.1 Référentiel

→ Citer une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut.

I.2 Relativité du mouvement

I.3 Position, vitesse et accélération

II Systèmes de coordonnées

→ Exprimer à partir d'un schéma le déplacement élémentaire dans les différents systèmes de coordonnées, construire le trièdre local associé et en déduire géométriquement les composantes du vecteur vitesse en coordonnées cartésiennes et cylindriques.

→ Établir les expressions des composantes des vecteurs position, déplacement élémentaire, vitesse et accélération dans les seuls cas des coordonnées cartésiennes et cylindriques.

II.1 Coordonnées cartésiennes

II.2 Coordonnées cylindriques

II.3 Coordonnées sphériques

III Exemples de mouvements

III.1 Mouvement rectiligne

→ Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré.

III.2 Mouvement à vecteur d'accélération constant

→ Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur position en fonction du temps et établir l'expression de la trajectoire en coordonnées cartésiennes dans le cas où le vecteur accélération est constant.

III.3 Mouvement circulaire

→ Exprimer les composantes du vecteur position, du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coordonnées polaires planes dans le cas d'un mouvement circulaire.

→ Repère de Frenet : caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : circulaire, circulaire uniforme et faire le lien avec les composantes polaires de l'accélération.

Questions de cours

- Sur un schéma, définir les bases locales associées aux repères cartésien, polaire, cylindrique, de Frenet et sphérique.
- Établir l'expression du vecteur déplacement élémentaire dans les systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindrique ou sphérique et en déduire l'expression du vecteur vitesse.
- Donner l'expression des dérivées temporelles des vecteurs de la base cylindrique et en déduire l'expression des vecteurs vitesse et accélération.
- Dans le cas d'un mouvement circulaire, donner puis établir les composantes du vecteur accélération dans la base de Frenet à partir des expressions de $\vec{v}$ et $\vec{a}$ dans la base polaire.
- Établir les équations horaires et les équations de la trajectoire dans le cas d'un mouvement rectiligne, à accélération constante ou circulaire.

Chapitre M2 – Dynamique du point matériel

Plan du cours

I Quantité de mouvement

I.1 Masse d'un système

→ Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée.

I.2 Quantité de mouvement

→ Utiliser la relation entre la quantité de mouvement d'un système et la vitesse de son centre de masse.

II Lois de Newton

II.1 Première loi : principe d'inertie

→ Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.

→ Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié.

II.2 Troisième loi : principe des actions réciproques

→ Établir un bilan des forces sur un système ou sur plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur un schéma.

II.3 Deuxième loi : principe fondamental de la dynamique

→ Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées.

III Exemples classiques

III.1 Chute libre

→ Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme : établir et exploiter les équations horaires du mouvement, établir l'équation de la trajectoire.

III.2 Chute dans un fluide

→ Exploiter une équation différentielle sans la résoudre analytiquement, par exemple : analyse en ordres de grandeur, existence d'une vitesse limite, écriture adimensionnée, utilisation des résultats obtenus par simulation numérique.

III.3 Système masse-ressort : l'oscillateur harmonique

→ Système masse-ressort sans frottement : déterminer et résoudre l'équation différentielle du mouvement, exploiter les analogies avec un oscillateur harmonique électrique.

III.4 Pendule simple

→ Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier le caractère harmonique des oscillations de faible amplitude.

Questions de cours

- Énoncer les lois de Newton : principe d'inertie, principe fondamental de la dynamique et principe des actions réciproques.
- En s'appuyant sur un schéma, énoncer avec précision une des lois de force suivantes : poids, poussée d'Archimède, force de rappel associée à un ressort, tension d'un fil, réaction du support, interaction gravitationnelle, interaction électrostatique.
- Appliquer la méthode de résolution décrite dans le Doc. 3 pour obtenir les équations horaires du mouvement.
- Les exemples vus en cours doivent pouvoir être traités très rapidement.

Chapitre M3 – Énergie mécanique

Semaine du 09/12/2024 : cours et exercices d'application seulement

Plan du cours

I Théorème de l'énergie cinétique

I.1 Puissance d'une force

→ Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force.

I.2 Travail d'une force

I.3 Théorème de l'énergie cinétique

→ Exploiter le théorème de l'énergie cinétique.

II Énergie potentielle, énergie mécanique

II.1 Force conservative et énergie potentielle

II.2 Exemples de forces conservatives

→ 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.

II.3 Lien entre une énergie potentielle et une force conservative

→ Dédire qualitativement du graphe d'une fonction énergie potentielle le sens et l'intensité de la force associée pour une situation à un degré de liberté.

II.4 Théorème de l'énergie mécanique

III Mouvement conservatif à une dimension

III.1 Mouvement conservatif

→ Exploiter la conservation de l'énergie mécanique pour analyser un mouvement.

III.2 Profil d'énergie potentielle

→ 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.

III.3 Approximation harmonique

→ Dédire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre.

→ Analyser qualitativement la nature, stable ou instable, de ces positions.

→ Établir l'équation différentielle linéarisée du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.

Questions de cours

- Citer les théorèmes de la puissance cinétique et de l'énergie cinétique.
- Citer, puis établir les expressions des énergies potentielles de pesanteur, gravitationnelle et élastique.
- Citer les théorèmes de la puissance mécanique et de l'énergie mécanique.
- Identifier, sur un graphe d'énergie potentielle quelconque les positions d'équilibre stables et instables, les barrières et puits de potentiels.
- Décrire qualitativement (par exemple, à l'aide d'un graphe commenté) l'évolution temporelle d'un système suivant son énergie mécanique, à partir d'un profil quelconque d'énergie potentielle.
- Établir l'équation différentielle linéarisée du pendule simple en utilisant le théorème de l'énergie mécanique.

Note aux colleurs : l'opérateur $\overrightarrow{\text{grad}}$ n'est pas au programme de MP2I et ne sera introduit qu'en deuxième année. En particulier, la relation $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}}\mathcal{E}_p$ se restreint au cas à un degré de liberté, où $\vec{F} = -\frac{d\mathcal{E}_p}{dx}\vec{e}_x$.