

Mécanique

Chapitres au programme (cours & exercices)

- Révisions : Mécanique du point de première année
- Changements de référentiels : approche cinématique
- Dynamique du point en référentiel non galiléen : lois générales & exemples (cours uniquement)

Valeurs numériques & Ordres de grandeur utiles

À connaître par cœur :

- Champ de pesanteur terrestre : $g \simeq 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Masse d'un électron : $m_e \simeq 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; d'un proton : $m_p \simeq 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Masse d'un chat : $m \simeq 5 \text{ kg}$; d'une voiture : $m \simeq 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$
- Constante de raideur d'un ressort « usuel » de démonstration : $k \simeq 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$
- Coefficient de frottement solide : $0,1 \lesssim \mu \lesssim 1$
- Charge électrique élémentaire : $e \simeq 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Énergie d'une particule en sortie d'un accélérateur : jusqu'à environ $10 \text{ TeV} = 10^{13} \text{ eV}$

À savoir estimer rapidement : énergie cinétique et vitesse d'un objet « usuel » lâché depuis une hauteur $h \simeq 1 \text{ m}$ dans le champ de pesanteur terrestre ; élongation d'un système masse-ressort « usuel » dans le champ de pesanteur terrestre ; période propre des oscillations d'un système masse-ressort et d'un pendule simple « usuels » dans le champ de pesanteur terrestre ; énergie cinétique d'un marcheur, d'une voiture ...

Détails sur le contenu des chapitres

Description et paramétrage du mouvement d'un point (révisions de PCSI)

<p>Repérage dans l'espace et dans le temps</p> <p>Espace et temps classiques. Notion de référentiel. Caractère relatif du mouvement. Caractère absolu des distances et des intervalles de temps.</p>	<p>Citer une situation où la description classique de l'espace ou du temps est prise en défaut.</p>
<p>Cinématique du point</p> <p>Description du mouvement d'un point. Vecteurs position, vitesse et accélération. Systèmes de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.</p> <p>Mouvement à vecteur accélération constant.</p> <p>Mouvement circulaire uniforme et non uniforme.</p>	<p>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.</p> <p>Identifier les degrés de liberté d'un mouvement. Choisir un système de coordonnées adapté au problème.</p> <p>Exprimer le vecteur vitesse et le vecteur position en fonction du temps. Établir l'expression de la trajectoire en coordonnées cartésienne.</p> <p>Exprimer les composantes du vecteur position, du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coordonnées polaires planes.</p>
<p>Repérage d'un point dont la trajectoire est connue. Vitesse et accélération dans le repère de Frénet pour une trajectoire plane.</p>	<p>Situer qualitativement la direction du vecteur vitesse et du vecteur accélération pour une trajectoire plane. Exploiter les liens entre les composantes du vecteur accélération, la courbure de la trajectoire, la norme du vecteur vitesse et sa variation temporelle.</p> <p>Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.</p>

Changements de référentiel

<p>Référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un autre : transformation de Galilée, composition des vitesses.</p> <p>Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en translation par rapport à un autre : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement.</p> <p>Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe : point coïncident, vitesse d'entraînement, accélération d'entraînement, accélération de Coriolis.</p>	<p>Relier la transformation de Galilée et la formule de composition des vitesses à la relation de Chasles et au caractère supposé absolu du temps.</p> <p>Exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.</p> <p>Exprimer la vitesse d'entraînement et l'accélération d'entraînement.</p> <p>Citer et utiliser l'expression de l'accélération de Coriolis.</p>
---	---

Lois de Newton (révisions de PCSI)

<p>Quantité de mouvement</p> <p>Masse d'un système. Conservation de la masse pour un système fermé.</p> <p>Quantité de mouvement d'un point et d'un système de points. Lien avec la vitesse du centre de masse d'un système fermé.</p>	<p>Exploiter la conservation de la masse pour un système fermé.</p> <p>Établir l'expression de la quantité de mouvement pour un système de deux points sous la forme $\vec{p} = m \vec{v} (G)$.</p>
<p>Lois de Newton</p> <p>Première loi de Newton : principe d'inertie. Référentiels galiléens.</p> <p>Notion de force. Troisième loi de Newton.</p> <p>Deuxième loi de Newton. Théorème de la quantité de mouvement.</p>	<p>Décrire le mouvement relatif de deux référentiels galiléens.</p> <p>Établir un bilan des forces sur un système ou sur plusieurs systèmes en interaction et en rendre compte sur un schéma.</p> <p>Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel ou du centre de masse d'un système fermé dans un référentiel galiléen.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force.</p>

<p>Modélisation des forces usuelles</p> <p>Force de gravitation. Modèle du champ de pesanteur uniforme au voisinage de la surface d'une planète. Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.</p>	<p>Étudier le mouvement d'un système modélisé par un point matériel dans un champ de pesanteur uniforme en l'absence de frottement.</p>
<p>Modèles d'une force de frottement fluide. Influence de la résistance de l'air sur un mouvement de chute.</p> <p>Modèle linéaire de l'élasticité d'un matériau.</p> <p>Tension d'un fil. Pendule simple.</p> <p>Modèle des lois de frottement de glissement : lois de Coulomb.</p>	<p>Exploiter, sans la résoudre analytiquement, une équation différentielle : analyse en ordres de grandeur, détermination de la vitesse limites, utilisation des résultats obtenus par simulation numérique. Écrire une équation adimensionnée.</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.</p> <p>Modéliser un comportement élastique par une loi de force linéaire ; extraire une constante de raideur et une longueur à vide à partir de données mesurées ou fournies. Analyser la limite d'une modélisation linéaire à partir de documents expérimentaux.</p> <p>Mettre en œuvre un microcontrôleur lors d'un test de traction.</p> <p>Établir l'équation du mouvement du pendule simple. Justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire.</p> <p>Exploiter les lois de Coulomb fournies dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage. Formuler une hypothèse (quant au glissement ou non) et la valider.</p>

Moment cinétique (révisions de PCSI)

<p>Moment cinétique d'un point matériel par rapport à un point et par rapport à un axe orienté.</p> <p>Moment d'une force par rapport à un point ou un axe orienté.</p>	<p>Relier la direction et le sens du vecteur moment cinétique aux caractéristiques du mouvement.</p> <p>Exprimer le moment d'une force par rapport à un axe orienté en utilisant le bras de levier.</p>
---	---

<p>Théorème du moment cinétique en un point fixe dans un référentiel galiléen. Conservation du moment cinétique.</p>	<p>Identifier les cas de conservation du moment cinétique.</p>
--	--

Approche énergétique du mouvement d'un point matériel (révisions de PCSI)

<p>Puissance, travail et énergie cinétique</p> <p>Puissance et travail d'une force dans un référentiel.</p> <p>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.</p>	<p>Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force.</p> <p>Utiliser le théorème approprié en fonction du contexte.</p>
<p>Champ de force conservative et énergie potentielle</p> <p>Énergie potentielle. Lien entre un champ de force conservative et l'énergie potentielle. Gradient.</p>	<p>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.</p> <p>Déterminer l'expression d'une force à partir de l'énergie potentielle, l'expression du gradient étant fournie.</p> <p>Déduire qualitativement, en un point du graphe d'une fonction énergie potentielle, le sens et l'intensité de la force associée.</p>
<p>Énergie mécanique</p> <p>Énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique.</p> <p>Mouvement conservatif.</p> <p>Mouvement conservatif à une dimension.</p>	<p>Distinguer force conservative et force non conservative.</p> <p>Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique.</p> <p>Utiliser les conditions initiales.</p> <p>Identifier sur un graphe d'énergie potentielle une barrière et un puits de potentiel.</p> <p>Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.</p>

<p>Positions d'équilibre. Stabilité.</p> <p>Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable, approximation locale par un puits de potentiel harmonique.</p>	<p>Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre. Analyser qualitativement la nature, stable ou instable, de ces positions.</p> <p>Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.</p> <p>Capacité numérique : résoudre numériquement une équation différentielle du deuxième ordre non linéaire et faire apparaître l'effet des termes non linéaires.</p>
--	---

Mouvements dans un champ de force centrale conservatif (révisions de PCSI)

<p>Point matériel soumis à un champ de force centrale.</p>	<p>Établir la conservation du moment cinétique à partir du théorème du moment cinétique.</p> <p>Établir les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan, loi des aires.</p>
<p>Point matériel soumis à un champ de force centrale conservatif</p> <p>Conservation de l'énergie mécanique. Énergie potentielle effective. État lié et état de diffusion.</p>	<p>Exprimer l'énergie mécanique d'un système conservatif ponctuel à partir de l'équation du mouvement.</p> <p>Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et construire une énergie potentielle effective.</p> <p>Relier le caractère borné du mouvement radial à la valeur de l'énergie mécanique.</p> <p>Capacité numérique : obtenir les trajectoires d'un point matériel soumis à un champ de force centrale conservatif.</p>
<p>Cas particulier du champ newtonien</p> <p>Lois de Képler.</p> <p>Cas particulier du mouvement circulaire.</p>	<p>Énoncer les lois de Képler pour les planètes et les transposer au cas des satellites terrestres.</p> <p>Établir que le mouvement est uniforme et déterminer sa période.</p> <p>Établir la troisième loi de Kepler dans le cas particulier de la trajectoire circulaire.</p>

<p>Énergie mécanique dans le cas du mouvement circulaire et dans le cas du mouvement elliptique.</p>	<p>Exploiter sans démonstration sa généralisation au cas d'une trajectoire elliptique.</p> <p>Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement circulaire.</p> <p>Exprimer l'énergie mécanique pour le mouvement elliptique en fonction du demi-grand axe.</p>
<p>Satellites terrestres</p> <p>Satellites géostationnaires, de localisation et de navigation, météorologique.</p> <p>Vitesses cosmiques : vitesse en orbite basse et vitesse de libération.</p>	<p>Différencier les orbites des satellites terrestres en fonction de leurs missions.</p> <p>Déterminer l'altitude d'un satellite géostationnaire et justifier sa localisation dans le plan équatorial.</p> <p>Exprimer ces vitesses et citer leur ordre de grandeur en dynamique terrestre.</p>

Dynamique du point en référentiel non galiléen : lois générales & exemples

<p>Cas d'un référentiel en translation par rapport à un référentiel galiléen : force d'inertie d'entraînement.</p>	<p>Déterminer la force d'inertie d'entraînement.</p> <p>Appliquer la deuxième loi de Newton, le théorème du moment cinétique et le théorème de l'énergie cinétique dans un référentiel non galiléen.</p>
<p>Cas d'un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe dans un référentiel galiléen : force d'inertie d'entraînement, force d'inertie de Coriolis.</p>	<p>Exprimer la force d'inertie d'entraînement et la force d'inertie de Coriolis.</p> <p>Associer la force d'inertie d'entraînement axifuge à l'expression familière « force centrifuge ».</p> <p>Appliquer la deuxième loi de Newton, le théorème du moment cinétique et le théorème de l'énergie cinétique dans un référentiel non galiléen.</p>
<p>Champ de pesanteur terrestre : définition, évolution qualitative avec la latitude, ordres de grandeur.</p>	<p>Distinguer le champ de pesanteur et le champ gravitationnel.</p> <p><u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, illustrer un effet lié au caractère non galiléen du référentiel terrestre.</p>