

LP12 : Poids et gravitation

Niveau : Terminale enseignement de spécialité

<p>Mouvement dans un champ uniforme</p> <p>Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.</p> <p>Champ électrique créé par un condensateur plan.</p> <p>Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.</p> <p>Principe de l'accélérateur linéaire de particules chargées.</p> <p>Aspects énergétiques.</p>	<p>Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.</p> <p>Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.</p> <p>Établir l'équation de la trajectoire.</p> <p>Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan, son expression étant donnée.</p> <p>Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules chargées.</p> <p>Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.</p> <p><i>Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.</i></p> <p>Capacité numérique : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.</p> <p>Capacités mathématiques : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.</p>
<p>Mouvement dans un champ de gravitation</p> <p>Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.</p> <p>Lois de Kepler.</p> <p>Période de révolution.</p> <p>Satellite géostationnaire.</p>	<p>Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.</p> <p>Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.</p> <p>Capacité numérique : Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.</p>

Figure 1: Extraits du programme de Tale Spé relatif au poids et au champ de gravitation

Prérequis :

- Référentiel, référentiel galiléen
- Champ $(\vec{g}, \vec{\mathcal{G}})$
- Force gravitationnelle, poids
- Mécanique du point : accélération, mouvement uniformément accéléré, Deuxième loi de Newton (séance précédente)
- Orbite géostationnaire
- Intégration

Grosse liste de prérequis car le programme est spiralaire : chaque année, on revient sur les notions des années précédentes. Ici, on est sur des applications concrètes

Difficultés :

- Différence entre le poids et la masse
- Etude à différentes échelles
- Intégration

séquence pédagogique TD : Chute libre (Mouvement d'un projectile) Activité documentaire : calculer le champ de pesanteur à différents endroits de la Terre pour réaliser que d'autres aspects sont à prendre en compte pour le calcul du champ de pesanteur

Biblio : Hecht, LLS, Belin, Manip Chute libre d'une bille

Problématique Comment décrire le mouvement d'un corps dans le champ de gravitation terrestre ?

Introduction

Deux objets : une feuille de papier et une balle de tennis (masse différente). Est-ce que le temps de chute est lié à la masse ? Si on chiffonne la feuille, le temps de chute de la feuille se rapproche de celui de la balle. Dû à la présence dans le Bdf aux forces liées à l'air environnant.

Dans le vide donc dans l'air, est-ce qu'une boule de bowling et la plume tombent aussi vite ? Exp de la Nasa : même temps de chute. Donc les objets uniquement soumis à leur poids ne dépend pas de leur masse.

On s'intéresse à la chute d'objets dans un champ de pesanteur:

1 Chute libre

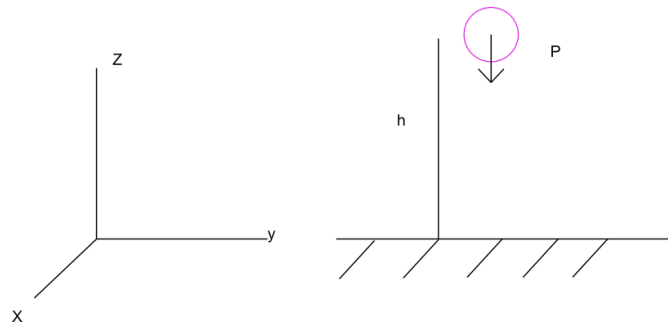
1.1 Propriétés du champ de pesanteur

Chp de pesanteur uniforme : mm direction, norme, sens dans le volume où on se place (surface de la Terre).

Chute libre : Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme d'un système soumis uniquement à son poids.

1.2 Equation du mouvement

Mise en équation avec la 2e loi de Newton



Système : bille

Référentiel : terrestre considéré galiléen

Bilan des forces : Poids : $\vec{P} = m\vec{g}$

2e loi de Newton : $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

$$\vec{a}(t) = \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v}(t) = \begin{cases} v_x = A \\ v_y = B \\ v_z = -gt + C \end{cases}$$

Conditions initiales : La balle est lâchée sans vitesse initiale donc on a $\vec{v}(t) = \begin{cases} v_x = 0 \\ v_y = 0 \\ v_z = -gt + 0 \end{cases}$ ce qui nous donne

$$O\vec{M}(t) = \begin{cases} x = A' \\ y = B' \\ z = -\frac{gt^2}{2} + C' \end{cases}$$

Conditions initiales : $A' = B' = 0$ et $C' = h$

On a alors finalement : $O\vec{M}(t) = \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \\ z = -\frac{gt^2}{2} + h \end{cases}$

1.3 Application à la mesure du champ de pesanteur terrestre

Expérience : lâché d'une bille et passage entre deux détecteurs à chronomètre : on voit grâce à l'équation que $\Delta z = -\frac{1}{2}g\Delta t^2$ avec le premier chrono à $z=0$. Donc relation linéaire : on trace $\Delta z = f(\Delta t)$ et on trouve $g_{exp} = (16,8 \pm 0,7) \text{ m s}^{-2}$

Donc un corps en chute libre est uniformément accéléré car vecteur accélération constant et non nul. Il tombe avec la même accélération uniforme quelque soit son poids. Trajectoire linéaire

Il dépend de la valeur du champ de pesanteur qui n'est pas le même partout sur Terre. A l'échelle de la Terre, le champ de pesanteur n'est plus uniforme car plus la même direction.

On a $\vec{F} = \frac{GmM_T}{d^2}\vec{u}$, $\vec{P} = m\vec{g}$ donc $g = \frac{GM_T}{d^2}$

La Terre est aplatie donc la distance est plus grande à l'équateur donc pas la même force partout. Donc Thomas Pesquet a décollé de la Floride

2 Mouvement des satellites

Mouvement circulaire : étudié dans un repère de Frenet.

2.1 Repère de Frenet

Présentation du repère, expression de la vitesse et de l'accélération en cylindriques

Le champ gravitationnel n'est plus constant : on utilise la force d'interaction gravitationnelle.

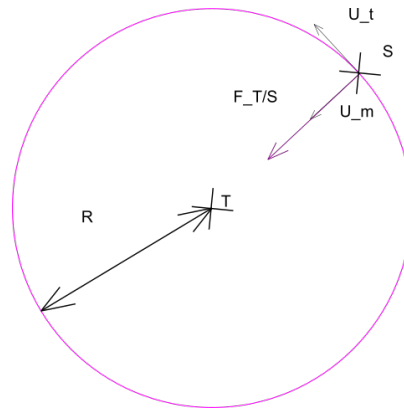
2.2 Etude d'un satellite géostationnaire

On veut connaître l'altitude d'un satellite géostationnaire (accomplissent une orbite en même temps que la Terre tourne sur elle même. Il est donc immobile dans le référentiel terrestre.

Son orbite est circulaire

Système : Satellite

Référentiel : Référentiel géocentrique, considéré comme galiléen



Bilan des action : $\vec{F}_{T/S} = \frac{GM_T m}{R^2} \vec{u}_m$

On obtient alors par la deuxième loi de Newton $\vec{a}(t) = \begin{cases} a_{u_t} = 0 \\ a_{u_m} = \frac{GM_T}{R^2} = \frac{v^2}{R} \end{cases}$ donc $\frac{GM_T}{R} = v^2$

Donc

$$\frac{GM_T}{R} = \left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2$$

Et $R = R_T + h$ donc

$$R^3 = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 GM_T$$

$$(R_T + h) = \left(\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 GM_T\right)^{2/3}$$

donc

$$h = \left(\left(\frac{T^2}{2\pi} \right)^2 GM_T \right)^{2/3} - R_T$$

Or, $T = 24 * 3600s$, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$
 Application numérique : $h = 3,6 \times 10^6 \text{ m}$

Conclusion

On a pu conclure une étude de mvt à la surface de la terre et on est allé plus loin avec le mouvement des satellites.

Question

- Loi de Newton : est-ce que c'est vraiment l'expression ? Ne marche pas si la masse est variable, on utilise $\frac{d\vec{p}}{dt}$
- Si on a un objet qui n'est pas ponctuel ? On ne prend que les forces externes à l'objet
- Comment réexpliquer les trois lois de Newton simplement ? Les réécrire au tableau pour un support plus visuel? Le prendre à la fin de l'heure.
- Dans le TD, mvt d'une chute libre ? Etude d'une balle qu'on lance par rapport au sol avec différentes conditions initiales.
- Comment justifier que dans l'exp on est en chute libre ? Force de frottement considérée comme négligeable que le poids. Revenir sur l'expérience introductive en expliquant que la balle a vraiment moins de forces de frottement. $-6\pi\eta r v$ force de stokes, ne marche pas dans l'air
- Quelle est la def d'un ref galiléen ? Dans lequel les lois de Newton sont valides. Ici, ref local fixe pdt la durée de l'exp. Meilleur ref galilée ? Tjrs des corps extérieurs qui exercent des force gravitationnelles. Le meilleur est le référentiel de copernick pour lequel le centre est le centre de masse du système solaire.
- Définition du Poids ? Objet suspendu à un fil dans un champ gravitationnel, le poids est la force opposé à la tension du fil quand l'objet est à l'éq donc terme en accélération d'inertie d'entraînement.
- Définition de la masse ? Différence entre poids et masse ? Masse partout pareille mais pas poids. Poids sur la lune ? 6 fois moins. Quantification de la difficulté à mettre en mouvement, propre à chaque objet.
- Objet pas ponctuel, comment on écrit le poids et où il s'applique ? S'applique sur le centre d'inertie = barycentre des masses.
- Qd on achète à manger, écrit poids net = 400g? Amalgame entre poids et masse dans la vie courante. Parler d'unité pour exprimer la masse en kg et le poids en Newton
- Présentation du repère de Frenet sans schéma ? Volonté de redessiner le repère au tableau.
- Référentiel géocentrique ? Centre = centre de la terre et axe vers des étoiles lointaines. Durée d'un référentiel géocentrique ? «1 an
- Temps de révolution de la Terre, exactement 24h ? Jour solaire <24h : 23h56 car elle tourne autour du soleil en même temps
- Thomas pesquet : diff entre apesanteur et impesanteur ? apesanteur : il n'y a pas de poids, impesanteur : apesanteur artificielle.
- constante G de la constante de gravitation ? Cavendish avec un système de deux boules reliées par une tige suspendue en son milieu et on approche deux masses des deux boules. La variation angulaire du pendule de torsion permet de remonter à G.
- Utilisation du repère de frenet ? Loi de Keppler, dans la séance suivante.

- TP pour les élèves ? Faire étudier le mvvt d'un projectile avec v_{init} et angle init et un logiciel d'acquisition vidéo. TP plus simple ? Le pendule vu en terminale et vu pour les aspects énergétiques donc pas ici. Mais équation différentielle du second ordre pas en terminale.
- Que se passe-t-il en non galiléen ? Forces d'inertie, entraînement et coriolis.
- Cas où la force de coriolis importe de manière non négligeable sur Terre ? Rails SNCF qui s'usent plus d'un côté que de l'autre. Projectiles militaires, cyclones anticyclones.
- Qu'est-ce qu'une force centrale ? S'il existe un point A fixe tel que \vec{MA} et la force sont colinéaires à tout instant et ne dépend que de R.
- Force centrale newtonienne ? $\frac{\text{truc}}{r^2}$
- Effet de la différence des champs de pesanteur sur la Terre ? Marées. La lune tourne autour de la Terre ? Tourne-t-elle sur elle-même ? Tourne autour de la terre et sur elle-même car elle montre tjrs la même face.
- Quelle est la meilleure théorie pour décrire celle de la gravitation ? Théorie relativiste d'Einstein : relativité générale
- question de la république : dessin d'une terre ronde mais c'est faux car la Terre est plate ? Discussion avec l'élève : quelles sont ses sources, ne pas le blâmer, lui expliquer que ses paroles peuvent être remises en questions et comparer les sources en s'appuyant sur des faits scientifiques et expérimentaux. Différencier le savoir de la croyance et le programme officiel leur demande de connaître ça.

retours

- Gestion du temps correct, bonne intro pédagogique. Durée totale 43 min et préférence que ce soit plus court que plus long.
- sur le plan, attention aux parties
- Bonne gestion du tableau et des couleurs, ordonné dans le tableau, présence, parler fort et pas au tableau, gestion de l'espace.
- Montre moins bien que chrono à côté des notes.
- Expérience, petite erreur sur la formule.
- Introduire la différence poids/masse