REPUBLIQUE DU SENEGAL
Un Peuple - Un But - Une Foi
Ministère De l'Education Nationale
INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK
Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TS2/2023-2024

SERIE P4 : GRAVITATION UNIVERSELLE

Exercice 1 : Satellite géostationnaire

Données : La Terre et la Lune sont considérées comme des corps sphériques homogènes.
$K = 6{,}67.10^{-11}$SI ; Masse de la terre : $M_T = 5{,}98.10^{24}$kg ; rayon de la terre : $R_T = 6370$km
Masse de la lune : $M_L = 7{,}34.10^{22}$kg ; rayon de la lune : $R_L = 1740$km ; Distance des surfaces de la Lune et de laTerre :$D = 384000$ km ; Durée du jour solaire$T_1 = 86400$ s. Durée du jour sidéral$T_2 = 86164$ s
N.B : On ne travaillera qu'avec les données de l'exercice.

1. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
2. Donner l'expression g du champ de gravitation de la terre en un point **A** à l'altitude **h** en fonction de savaleur g_0 au sol, de **R** et de **h**
3. Déterminer pour le satellite l'expression de sa période et de son énergie cinétique en fonction de g_0, **R**, **h** et m éventuellement. **Application numérique :** $g_0 = 9{,}8$N/kg, $R = 6400$ km, $h = 400$ km, $m = 1020$ kg.
Calculer son énergiecinétique.
Donner la définition d'un satellite géostationnaire en précisant son lieu d'évolution.Déterminer la valeur de **h** pour un tel satellite.
4. La Lune est un satellite « naturel » de la Terre qui gravite autour de cette dernière à une orbite de rayon $R_L = 385000$Km.
Déterminer sa période de révolution et vérifier que ce résultat est conforme à vos connaissances.
Sachant que le point d'équigravité du système Terre-Lune (point où le champ gravitationnel terrestre est égal auchamp gravitationnel lunaire) est à la distance **x = 38287 km** de la Lune, déterminer la masse de la Lune

Exercice 2 :

La terre est assimilée à une sphère de rayon **R = 6 370 km** animée d'un mouvement de rotation uniforme autour dela ligne des pôles (qui est perpendiculaire au plan de l'équateur). On supposera que le repère géocentrique, dont l'origine coïncide avec le centre de la terre et dont les axes ont une direction fixe par rapport aux étoiles, est galiléen.
A la surface de la terre, l'intensité du champ de pesanteur est **g_0 = 9,8 N/kg**.
A l'altitude h, elle est égale à : $g_h = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$

1. Un satellite assimilé à un point matériel, décrit d'un mouvement uniforme une orbite circulaire à l'altitude **h = 400 km**. L'orbite est dans le plan de l'équateur.
Déterminer la vitesse v du satellite dans le repère géocentrique.
Déterminer, dans le même repère, la période T et la vitesse angulaire ω_0 du satellite.
Le satellite se déplace vers l'est. Calculer l'intervalle du temps qui sépare deux passages successifs du satellite à la verticale d'un point donné de l'équateur (la vitesse angulaire de rotation de la terre dans le repère géocentrique est **ω_T = 7,29.10^{-5} rad/s**, et on rappelle que, dans ce repère, la vitesse d'un point de l'équateur est dirigée vers l'est).
2. Un satellite géostationnaire reste en permanence à la verticale d'un même point du globe. Son orbite est dans leplan de l'équateur.
Quelle est la vitesse angulaire de ce satellite dans le repère géocentrique ?
Calculer le rayon de son orbite.

Exercice 3 : On donne: **G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}**.

On se propose de déterminer la masse **M** de Jupiter en étudiant le mouvement de ses principaux satellites que sontIo, Europe, Ganymède et Callisto.
1. Le mouvement d'un satellite de masse m, est étudié dans un référentiel galiléen dont l'origine est le centre de Jupiter et dont les axes sont dirigés vers trois étoiles lointaines considérées comme immobiles. On supposera que Jupiter et ses satellites ont une distribution de masse à symétrie sphérique et que l'orbite du satellite est un cerclede centre **O**, centre de Jupiter, de rayon **R**.
Déterminer la nature du mouvement puis sa vitesse **V** en fonction de **R, M** et de la constante de gravitationuniverselle **G**.
2. En déduire la période T de révolution
3. Montrer que le rapport T^2/r^3 est une constante.
4. Les périodes de révolution et les rayons des orbites des quatre principaux satellites de Jupiter ont les valeurs suivantes : (voir tableau)

Représenter le graphe donnant la variation de T^2 en fonction de R^3. Conclure.

On prendra les échelles : [1 cm ↔ 1.10^{11} s^2 et 1 cm ↔ 4.10^{26} m^3]

En reliant ces résultats à ceux de la question 1.2, déterminer la masse M de Jupiter.

Satellites	Io	Europe	Ganymède	Callisto
T (heures)	42,5	85,2	171,7	400,5
R(Km)	$422{,}5.10^3$	671.10^3	1070.10^3	1883.10^3

Exercice 4 :

Le satellite américain d'observation Landsat-5assimilable à un point matériel décrit une orbite circulaire d'altitude **z =705 km** autour de la terre. Sa masse vaut $m_{sat} = 2t$

I. 1. Dans quel référentiel cette trajectoire est-il définie ?

1.2. Montrer que la vitesse du satellite est constante dans ce référentiel.

1.3. Exprimer la vitesse de Landsat-5 en fonction de g_0, R_T et **z** (altitude de la trajectoire).

2. Le satellite Landsat-5 est géostationnaire.

2.1. Définir ce terme.

2.2. Calculer littéralement, puis numériquement le rayon de l'orbite de Landsat-5, en fonction de g_{0T} et ω_T (ω_T: vitesse angulaire de la terre autour de l'axe de pôles)

2.2. A quelles utilisations pratiques peut être consacré un tel satellite?

II. 1. Calculer la vitesse du satellite et en déduire son énergie cinétique.

2. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de gravitation terrestre s'exprime par $E_p = -\frac{GM_T m_{sat}}{r+h}$ ou G est la constante de gravitation et M_T la masse de la terre et en convenant que $E_p = 0$ pour $h = \infty$

En déduire l'énergie mécanique du satellite

2.1. Quelle énergie minimale faut-il fournir à Landsat-5 pour qu'il s'éloigne définitivement de la terre.

2.2. Calculer la vitesse de libération de ce satellite, supposé initialement sur son orbite autour de Terre. Compareravec la valeur habituelle.

Exercice 5 :

Un satellite supposé ponctuel, de masse **m**, décrit une orbite circulaire d'altitude **h** autour de la Terre assimilée à unesphère de rayon R_T. On fera l'étude dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

1. Etablir l'expression de la valeur **g** du vecteur champ de gravitation à l'altitude **h** en fonction de sa valeur g_0 auniveau du sol, de R_T **et** de **h**.

2. Déterminer l'expression de la vitesse V_S du satellite, celle de sa période et celle de son énergie cinétique.

A.N: $m_s = 1020Kg$, $R_T = 6400Km$ *et* $h = 400Km$.

3. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de gravitation terrestre s'exprime par $E_p = -\frac{GM_T m_{sat}}{r+h}$ ou G est la constante de gravitation et M_T la masse de la terre et en convenant que $E_p = 0$ pour $h = \infty$

3.1. Justifier le signe négatif et exprimer EPen fonction de m_S, g_o *et* h.

3.2. Déterminer l'expression de l'énergie mécanique E du satellite puis comparer E_p à E_C *et* **E** à E_C.

4. On fournit au satellite un supplément d'énergie : **ΔE = + 5.10^8** J. Il prend alors une nouvelle orbite circulaire. En utilisant les résultats du **3**, déterminé :

4.1. Sa nouvelle énergie cinétique et sa vitesse.

4.2. Sa nouvelle énergie potentielle et son altitude.

FIN DE SERIE. AU TRAVAIL