BURHAN

Satellites artificiels et planètes : exercices, application

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/satellites-et-planetes/exercices/application

Chapitre	Palier	Exercices
Satellites artificiels et planètes	Application	8

Exercice 1

Quel référentiel pour quel objet du ciel

1.

On étudie trois mouvements : celui de la planète Vénus autour du Soleil, celui d'un satellite de navigation autour de la Terre, et celui de Miranda, une lune d'Uranus.

Pour chacun, nommer le référentiel d'étude le plus adapté.

INDICE

Outil : l'origine du référentiel est le centre de l'astre autour duquel l'objet tourne.

CORRIGÉ

Vénus. Elle tourne autour du Soleil : on l'étudie dans le référentiel héliocentrique.

Satellite de navigation. Il tourne autour de la Terre : référentiel géocentrique.

Miranda. Elle tourne autour d'Uranus : on choisit un référentiel d'origine le centre d'Uranus, d'axes dirigés vers trois étoiles lointaines.

Conclusion. Vénus s'étudie dans le référentiel héliocentrique, le satellite dans le référentiel géocentrique, et Miranda dans le référentiel lié au centre d'Uranus.

2.

Un élève propose d'étudier le satellite de navigation dans un référentiel lié au sol d'une ville. Expliquer pourquoi le référentiel géocentrique convient mieux.

INDICE

Outil : compare le mouvement des axes de chaque référentiel par rapport aux étoiles lointaines.

CORRIGÉ

Référentiel lié au sol. Il tourne avec la Terre autour de l'axe des pôles : vue de la ville, la trajectoire du satellite n'est pas un cercle simple.

Référentiel géocentrique. Son origine est au centre de la Terre et ses axes gardent la même direction par rapport aux étoiles : il ne tourne pas avec la Terre.

Conclusion. Le référentiel géocentrique, supposé galiléen, ne tourne pas avec la Terre ; la trajectoire du satellite y est un cercle centré sur la Terre.

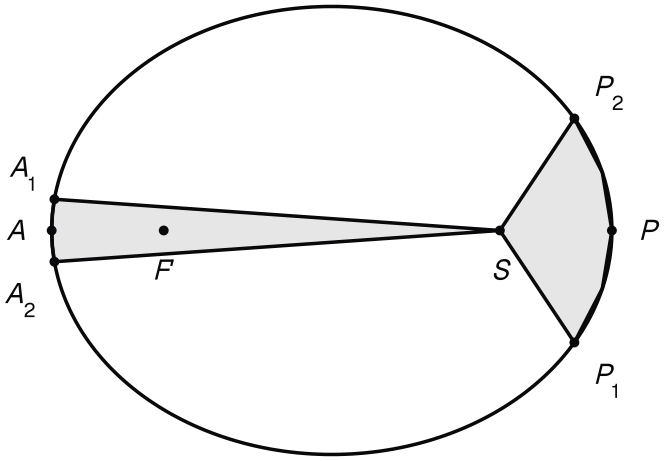
Exercice 2

Astéroïde sur une orbite allongée : loi des aires

1.

Le document représente l'orbite elliptique d'un astéroïde autour du Soleil, dans le référentiel héliocentrique.

Indiquer la position du Soleil sur l'ellipse, puis nommer les points P et A.



Orbite de l'astéroïde et deux secteurs balayés, allongement exagéré

INDICE

Outil : la loi des orbites de Kepler.

CORRIGÉ

Soleil. D'après la loi des orbites, il occupe l'un des deux foyers de l'ellipse : le point S.

Points P et A. P est le point de l'orbite le plus proche du Soleil, le périhélie ; A en est le plus éloigné, l'aphélie.

Conclusion. Le Soleil est au foyer S ; P est le périhélie et A l'aphélie.

2.

Les deux secteurs colorés sont balayés par le segment Soleil-astéroïde pendant la même durée. Comparer les longueurs des arcs P_1P_2 et A_1A_2, puis la vitesse de l'astéroïde près de P et près de A.

INDICE

Outil : la loi des aires, puis la longueur parcourue pendant une même durée.

CORRIGÉ

Aires. D'après la loi des aires, les deux secteurs, balayés pendant la même durée, ont la même aire.

Arcs. Le secteur proche de P est court et large : l'arc P_1P_2 est plus long que l'arc A_1A_2 du secteur long et étroit.

Vitesse. En une même durée, l'astéroïde parcourt une plus grande distance près de P.

Conclusion. L'astéroïde va plus vite près du périhélie P que près de l'aphélie A.

3.

Le mouvement de l'astéroïde sur son orbite est-il uniforme ? Justifier.

INDICE

Outil : la réponse à la question précédente.

CORRIGÉ

Vitesse. Elle est plus grande près de P que près de A : sa valeur change au cours d'un tour.

Conclusion. Le mouvement de l'astéroïde n'est pas uniforme ; seule une orbite circulaire donne un mouvement uniforme.

Exercice 3

Attraction entre le Soleil et Vénus

1.

Le Soleil, de masse $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}\,\mathrm{kg}$, et Vénus, de masse $m_V = 4{,}87 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$, sont considérés comme des corps à répartition sphérique de masse. La distance entre leurs centres vaut $d = 1{,}08 \times 10^{11}\,\mathrm{m}$.

Calculer la valeur F de la force de gravitation exercée par le Soleil sur Vénus. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

INDICE

Outil : la loi de gravitation universelle, avec la distance entre les centres.

CORRIGÉ

Loi. Les deux corps sont à répartition sphérique de masse : $F = G\,\dfrac{M_S\,m_V}{d^2}$.

Application numérique. Avec les valeurs de l'énoncé, en unités SI :

$$F = G\,\frac{M_S\,m_V}{d^2}$$
$$F \approx 5{,}54 \times 10^{22}\,\mathrm{N}$$

Conclusion. Le Soleil attire Vénus avec une force de valeur $F \approx 5{,}54 \times 10^{22}\,\mathrm{N}$.

2.

Décrire la force exercée par Vénus sur le Soleil. Faire ensuite un schéma, sans échelle, des deux astres et y représenter les deux forces.

INDICE

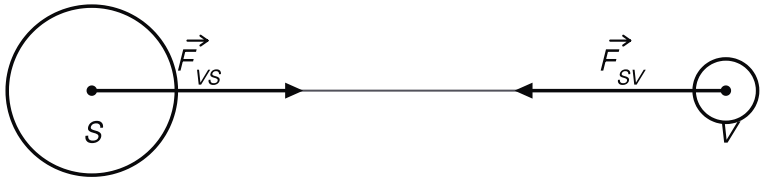
Outil : deux corps en interaction exercent l'un sur l'autre deux forces liées.

CORRIGÉ

Force de Vénus sur le Soleil. Elle a la même droite d'action, la droite des centres, la même valeur $5{,}54 \times 10^{22}\,\mathrm{N}$, et le sens opposé : elle est dirigée du Soleil vers Vénus.

Schéma. La force $\vec{F}_{S/V}$, subie par Vénus, est dessinée en V et dirigée vers S ; la force $\vec{F}_{V/S}$, subie par le Soleil, est dessinée en S et dirigée vers V.

Conclusion. Les deux forces sont opposées : $\vec{F}_{S/V} = -\vec{F}_{V/S}$, de même valeur, chacune tournée vers l'autre astre.



Forces d'interaction entre le Soleil et Vénus, sans échelle : F_SV est exercée par S sur V

Exercice 4

Pesanteur à bord d'un satellite météorologique

1.

Un satellite météorologique tourne à l'altitude $h = 820\,\text{km}$. On donne $g_0 = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ au sol et $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Calculer l'intensité de la pesanteur $g(h)$ à cette altitude.

INDICE

Outil : l'expression de l'intensité de la pesanteur en fonction de l'altitude et de g_0.

CORRIGÉ

Rayon. $R_T + h = 6{,}37 \times 10^{6} + 8{,}20 \times 10^{5} = 7{,}19 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Expression.

$$g(h) = g_0\,\frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

Application numérique.

$$g(h) = 9{,}80 \times \left(\frac{6{,}37}{7{,}19}\right)^{2}$$
$$g(h) \approx 7{,}69\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Conclusion. À $820\,\text{km}$ d'altitude, l'intensité de la pesanteur vaut environ $7{,}69\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

2.

À quelle altitude l'intensité de la pesanteur vaut-elle le quart de g_0 ?

INDICE

Outil : l'expression de $g(h)$ en fonction de g_0, de R_T et de h.

CORRIGÉ

Égalité. $g(h) = \dfrac{g_0}{4}$ donne $\dfrac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = \dfrac{1}{4}$.

Racine carrée. $\dfrac{R_T}{R_T + h} = \dfrac{1}{2}$, donc $R_T + h = 2\,R_T$ et $h = R_T$.

Conclusion. L'intensité de la pesanteur vaut le quart de g_0 à l'altitude $h = R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Exercice 5

Vitesse d'un satellite de navigation

1.

Un satellite de navigation décrit une orbite circulaire à l'altitude $h = 20\,200\,\text{km}$. On donne $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Calculer le rayon r de son orbite, en mètres.

INDICE

Outil : le rayon de l'orbite se compte depuis le centre de la Terre.

CORRIGÉ

Conversion. $h = 20\,200\,\text{km} = 2{,}020 \times 10^{7}\,\text{m}$.

Rayon.

$$r = R_T + h$$
$$r \approx 2{,}66 \times 10^{7}\,\text{m}$$

Conclusion. Le rayon de l'orbite vaut $r = 2{,}657 \times 10^{7}\,\text{m}$, soit environ $2{,}66 \times 10^{7}\,\text{m}$.

2.

Calculer la vitesse v du satellite. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ et $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\,\text{kg}$.

INDICE

Outil : la vitesse d'un satellite en mouvement circulaire uniforme ne dépend que de M_T et de r.

CORRIGÉ

Expression. Pour une orbite circulaire, $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{r}}$.

Application numérique. Avec $r = 2{,}657 \times 10^{7}\,\text{m}$:

$$v = \sqrt{\frac{G\,M_T}{r}}$$
$$v \approx 3{,}87 \times 10^{3}\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Conclusion. Le satellite de navigation se déplace à environ $3{,}87\,\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$.

Exercice 6

Période d'un satellite d'une constellation en orbite basse

1.

Les satellites d'une constellation de télécommunication tournent sur des orbites circulaires à $h = 550\,\text{km}$ d'altitude. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$, $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\,\text{kg}$ et $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Calculer la période de révolution T d'un de ces satellites, en secondes.

INDICE

Outil : l'expression de la période d'un satellite en trajectoire circulaire, avec le rayon de l'orbite en mètres.

CORRIGÉ

Rayon. $r = R_T + h = 6{,}37 \times 10^{6} + 5{,}50 \times 10^{5} = 6{,}92 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Période.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G\,M_T}}$$

$$T \approx 5{,}73 \times 10^{3}\,\text{s}$$

Conclusion. La période de révolution vaut environ $5{,}73 \times 10^{3}\,\text{s}$.

2.

Exprimer cette période en minutes, puis vérifier son ordre de grandeur.

INDICE

Outil : une minute vaut $60\,\text{s}$.

CORRIGÉ

Conversion. $T \approx \dfrac{5{,}73 \times 10^{3}}{60} \approx 95{,}5\,\text{min}$.

Ordre de grandeur. Un satellite en orbite basse fait le tour de la Terre en un peu plus d'une heure et demie : la valeur est plausible.

Conclusion. La période vaut environ $95{,}5\,\text{min}$, soit environ une heure et trente-cinq minutes.

Exercice 7

Titania et Obéron : un même rapport pour deux lunes

1.

Le tableau donne le rayon de l'orbite, supposée circulaire, et la période de deux lunes d'Uranus.

Lune	r (m)	T (jours)
Titania	$4{,}36 \times 10^{8}$	$8{,}71$
Obéron	$5{,}83 \times 10^{8}$	$13{,}46$

Calculer le rapport $\dfrac{T^2}{r^3}$ pour chaque lune. On rappelle qu'un jour dure $86\,400\,\mathrm{s}$.

INDICE

Outil : convertis d'abord chaque période en secondes.

CORRIGÉ

Titania. $T = 8{,}71 \times 86\,400 \approx 7{,}53 \times 10^{5}\,\mathrm{s}$, d'où $\dfrac{T^2}{r^3} \approx 6{,}83 \times 10^{-15}\,\mathrm{s^2 \cdot m^{-3}}$.

Obéron. $T = 13{,}46 \times 86\,400 \approx 1{,}163 \times 10^{6}\,\mathrm{s}$, d'où $\dfrac{T^2}{r^3} \approx 6{,}83 \times 10^{-15}\,\mathrm{s^2 \cdot m^{-3}}$.

Conclusion. Les deux lunes ont le même rapport, environ $6{,}83 \times 10^{-15}\,\mathrm{s^2 \cdot m^{-3}}$: la troisième loi de Kepler est vérifiée.

2.

En déduire la masse M_U d'Uranus. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

INDICE

Outil : la troisième loi de Kepler en trajectoire circulaire relie ce rapport à la masse de l'astre central.

CORRIGÉ

Relation. $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_U}$, donc $M_U = \dfrac{4\pi^2}{G\,k}$ avec $k \approx 6{,}83 \times 10^{-15}\,\mathrm{s^2 \cdot m^{-3}}$.

Application numérique.

$$M_U = \frac{4\pi^2}{G\,k}$$
$$M_U \approx 8{,}67 \times 10^{25}\,\mathrm{kg}$$

Conclusion. La masse d'Uranus vaut environ $8{,}67 \times 10^{25}\,\mathrm{kg}$.

Exercice 8

Un satellite équatorial de huit heures

1.

Un satellite d'observation des océans tourne d'ouest en est dans le plan de l'équateur, sur une orbite circulaire. Sa période de révolution vaut $T = 28\,800\,\mathrm{s}$, soit $8\,\mathrm{h}$.

Ce satellite reste-t-il à la verticale d'un même point de l'équateur ? Justifier.

INDICE

Outil : compare sa période à celle de la rotation de la Terre dans le référentiel géocentrique.

CORRIGÉ

Plan et sens. Son orbite est dans le plan de l'équateur et parcourue d'ouest en est, comme la rotation de la Terre.

Période. $28\,800\,\mathrm{s}$ est bien plus court que $86\,164\,\mathrm{s}$: le satellite fait environ trois tours pendant que la Terre en fait un.

Conclusion. Le satellite ne reste pas au-dessus du même point : il n'est pas géostationnaire, car sa période n'est pas celle de la rotation de la Terre.

2.

Calculer le rayon r de son orbite, puis le comparer au rayon de l'orbite géostationnaire, $4{,}21 \times 10^{7}\,\mathrm{m}$. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^{2} \cdot kg^{-2}}$ et $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$.

INDICE

Outil : la troisième loi de Kepler en trajectoire circulaire, autour de la Terre.

CORRIGÉ

Troisième loi. $\dfrac{T^2}{r^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_T}$, donc :

$$r^3 = \frac{G\,M_T\,T^2}{4\pi^2}$$

$$r \approx 2{,}03 \times 10^{7}\,\mathrm{m}$$

Comparaison. $2{,}03 \times 10^{7}\,\mathrm{m}$ est environ la moitié de $4{,}21 \times 10^{7}\,\mathrm{m}$: une période plus courte va avec une orbite plus petite.

Conclusion. L'orbite de ce satellite a un rayon d'environ $2{,}03 \times 10^{7}\,\mathrm{m}$, à peu près deux fois plus petit que celui de l'orbite géostationnaire.