

PHY AST – Astrophysique
SECTION 4

QUESTIONS

Q1 Quels instruments Tycho Brahé utilisait-il pour mesurer la position des planètes ?

Q2 Pourquoi Tycho Brahé croyait-il que la Terre était immobile au centre de l'Univers ? Décrivez son modèle du système solaire.

Q3 Quelle est la 1^{re} loi de Kepler ?

Q4 Comment appelle-t-on :
(a) Le point d'une orbite elliptique le plus rapproché du Soleil ?
(b) Le point d'une orbite elliptique le plus éloigné du Soleil ?
(c) Le paramètre qui correspond au « degré d'aplatissement » de l'ellipse ?

Q5 Quelle est la 2^e loi de Kepler ?

Q6 Quel phénomène, observé pour la première fois par les Mésopotamiens, peut enfin être expliqué grâce à la 2^e loi de Kepler ?

Q7 Quelle est la 3^e loi de Kepler ?

Q8 Expliquez pourquoi la 3^e loi de Kepler (dans sa version d'origine telle que formulée initialement par Kepler), est valide uniquement pour des objets qui sont spécifiquement en orbite autour du Soleil.

Q9 Qui est le premier physicien qui réalise que la 2^e loi de Kepler peut être obtenue à partir d'une force centrale en $\frac{1}{r^2}$ exercée par le Soleil ?

Q10 Pour quelle raison Newton a-t-il inventé la fameuse « légende de la pomme » ?

Q11 Quelle condition doit être respectée afin de pouvoir utiliser la 3^e loi de Kepler dans sa version « généralisée » (qu'on peut obtenir à partir de la loi de la gravitation universelle de Newton) ?

Q12 Un objet de masse m est situé à une distance r d'une planète de masse M . Comment appelle-t-on la vitesse à laquelle il faut lancer l'objet afin que :
(a) L'énergie cinétique du système soit égale à la valeur absolue de l'énergie potentielle gravitationnelle du système ?
(b) L'énergie totale du système soit nulle ?
(c) L'objet de masse m parvienne à s'éloigner infiniment loin de la planète, avec une vitesse qui tend asymptotiquement vers zéro.

- Q13** Déterminez la forme de la trajectoire orbitale (et son excentricité) d'un objet de masse m en orbite autour d'une planète de masse M pour les trois cas ci-dessous :
- (a) Lorsque l'énergie du système est négative.
 - (b) Lorsque l'énergie du système est nulle.
 - (c) Lorsque l'énergie du système est positive.
- Tracez également un graphique approximatif de l'énergie cinétique, potentielle et mécanique en fonction du temps pour les trois cas ci-dessus.

EXERCICES

- 4.1 Le demi-grand axe et l'excentricité de Saturne.** Saturne a un périhélie de $9,01 \text{ UA}$ et un aphélie de $10,07 \text{ UA}$. Quel est le demi-grand axe et l'excentricité de son orbite ?

- 4.2 La vitesse au périhélie de Mercure.** À son aphélie, la planète Mercure est à $6,99 \times 10^{10} \text{ km}$ du Soleil alors qu'à son périhélie, elle est à $4,6 \times 10^{10} \text{ km}$ du Soleil. Si sa vitesse à l'aphélie est $38,8 \text{ km/s}$, déterminez sa vitesse au périhélie.

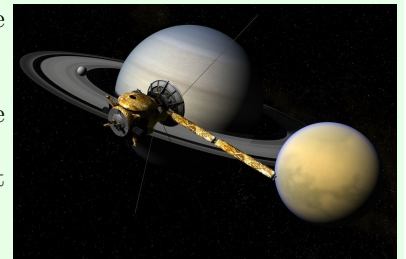
- 4.3 Calculer la masse du Soleil.** Calculez la masse du Soleil sachant que la Terre en fait le tour en 1 an à une distance de 1 UA .

- 4.4 Calculer la masse de la Terre.** En supposant une orbite circulaire et en vous basant sur la distance entre la Terre et la Lune ($3,84 \times 10^8 \text{ m}$) ainsi que sur sa période orbitale ($27,3 \text{ jr}$), déterminez la masse de la Terre.

- 4.5 Le rayon orbital de Phobos.** Phobos, un des satellites de Mars, a une période orbitale de 459 minutes. La masse de Mars est $6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$. À partir de ces données, déterminez le rayon de l'orbite de Phobos.

- 4.6 Une force titanesque !** Titan, un satellite de Saturne, a une période orbitale de 15,96 jr.

- (a) Quelle est la masse de Saturne si la distance entre Saturne et Titan est de $1,22 \times 10^6 \text{ km}$?
- (b) Quelle est la force gravitationnelle que Saturne exerce sur Titan sachant que la masse de Titan est $1,3 \times 10^{23} \text{ kg}$?

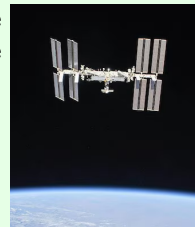


- 4.7 Les vitesses extrêmes de Cléopâtre.** L'astéroïde Cléopâtre (image ci-contre) décrit une orbite elliptique au cours de laquelle sa distance par rapport au Soleil varie entre $2,1 \text{ UA}$ et $3,5 \text{ UA}$. Quelles sont les valeurs minimale et maximale de sa vitesse au cours de son orbite ?



- 4.8 L'excentricité à la vitesse médiane de lancement.** La planète Mercure (qui ne possède pas d'atmosphère) a une masse de $3,30 \times 10^{23}$ kg et un rayon de 2440 km. On installe un canon à la surface de la planète qui lance des projectiles avec une vitesse initiale parallèle au sol.
- (a) À quelle vitesse minimale doit-on lancer un projectile afin que celui-ci se mette en orbite et ne s'écrase pas sur le sol ?
- (b) À quelle vitesse maximale doit-on lancer un projectile afin que celui-ci demeure en orbite et ne parte pas au loin dans l'espace pour ne jamais revenir ?
- (c) Si on lance un projectile à une vitesse située exactement entre la vitesse minimale obtenue en (a) et la vitesse maximale obtenue en (b), quelle sera l'excentricité de la trajectoire orbitale du projectile ?
- (d) (défi !) Montrez que le résultat obtenu en (c) est indépendant de la planète sur laquelle on réalise l'expérience et que l'excentricité associée à la vitesse médiane de lancement vaut toujours exactement $\frac{2\sqrt{2}-1}{4}$.

- 4.9 Un sonde lancé par l'ISS.** La Station Spatiale Internationale (ISS) est en orbite circulaire à 400 km d'altitude. Imaginons que la station lance une petite sonde à une vitesse de module 7 km/s par rapport à la surface de la Terre (et parallèlement à la surface de la Terre).
- (a) Quelle est l'excentricité de l'orbite de la sonde ?
- (b) Quelle est la distance à l'aphélie de l'orbite de la sonde ?
- (c) Quelle est la vitesse à l'aphélie de l'orbite de la sonde ?



RÉPONSES

4.1 $a = 9,54 \text{ UA}$; $e = 0,0556$

4.2 59,0 km/s

4.3 $T^2 = \frac{Ka^3}{M} \Rightarrow M = \frac{Ka^3}{T^2} = \frac{5,92 \times 10^{11} \times (1,49 \times 10^{11})^3}{(365,25 \times 24 \times 3600)^2} = 1,97 \times 10^{30} \text{ kg}$

4.4 $T^2 = \frac{Ka^3}{M} \Rightarrow M = \frac{Ka^3}{T^2} = \frac{5,92 \times 10^{11} \times (3,84 \times 10^8)^3}{(27,3 \times 24 \times 3600)^2} = 6,03 \times 10^{24} \text{ kg}$

4.5 $9,37 \times 10^6 \text{ m}$

4.6 (a) $5,65 \times 10^{26} \text{ kg}$ (b) $3,29 \times 10^{21} \text{ N}$

4.7 14,2 km/s et 23,6 km/s

4.8 (a) 3,00 km/s (b) 4,25 km/s (c) 0,457

(d) Calculez d'abord $v_{\text{lanc}} = \frac{v_{\text{circ}} + v_{\text{lib}}}{2}$ en posant $r = R$ dans chacune des deux expressions algébriques pour les vitesses et remarquez que le facteur $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ s'annule dans l'équation. Isolez ensuite l'excentricité e .

4.9 (a) 0,833 (b) $7,43 \times 10^7 \text{ m}$ (c) 637 m/s

