MPSI – Physique/Chimie
Programme de colle semaine 23

Mouvements de rotation et théorème du moment cinétique :

Même chose que la semaine dernière.

Mouvements à force centrale :

- Connaître et savoir énoncer clairement les trois lois de Kepler !

- Définition d'une force centrale. Exemples : force gravitationnelle et force électrostatique.

- Savoir montrer que, lorsqu'un point matériel est soumis à force centrale, son moment cinétique par rapport au centre de force est constant. En déduire que son mouvement est plan et que la quantité $C = r^2\dot{\theta}$ est une constante (appelée « constante des aires »), ce qui implique la deuxième loi de Kepler (loi des aires). Montrer que la « vitesse aréolaire » $\frac{dA}{dt}$ est égale à $\frac{C}{2}$.

- Cas d'une force centrale Newtonienne (i.e. qui varie comme l'inverse du carré de la distance) : $\vec{F} = -\frac{K}{r^2}\vec{u_r}$ (par exemple $K = G m_1 m_2$ pour la force gravitationnelle). Energie potentielle associée : $E_p(r) = -\frac{K}{r} + cte$ (en général, on prend la constante nulle). En cours, on n'a traité que le cas d'une force attractive (i.e. K > 0), le cas d'une force répulsive peut être posé en exercice.

- Energie potentielle « effective » $E_{p,eff}(r) = \frac{mC^2}{2r^2} - \frac{K}{r}$: savoir retrouver son expression, établir son tableau de variations et tracer sa courbe représentative. A l'aide de la courbe représentative de $E_{p,eff}(r)$, montrer que l'on a des trajectoires liées (ellipses) si $E_m < 0$ et que l'on est dans un « état de diffusion » (parabole ou hyperbole) si $E_m \geq 0$ (la parabole correspond à $E_m = 0$).

- Cas particulier du mouvement circulaire : application au mouvement des planètes et des satellites.

  - En appliquant le PFD, savoir retrouver l'expression de la vitesse en fonction du rayon : $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ et en déduire la troisième loi de Kepler : $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}R^3$. Savoir comment cette loi se généralise pour une trajectoire elliptique.

  - Savoir établir l'expression de l'énergie mécanique sur une orbite de rayon R : $E_m = -\frac{K}{2R} = -\frac{GmM}{2R}$, et savoir que cette expression se généralise pour une ellipse : $E_m = -\frac{K}{2a} = -\frac{GmM}{2a}$, où a est le demi grand axe (la démonstration de la formule pour le mouvement elliptique a été vue en cours et peut être posée en question de cours).

  - Savoir ce qu'est un satellite géostationnaire et être capable de calculer l'altitude de l 'orbite géostationnaire. La distinction entre « jour solaire » et « jour sidéral » a été vue, et il faut être capable de retrouver la durée d'un jour sidéral.

  - Pour un satellite sur une orbite elliptique, savoir relier la vitesse à l'apogée et la vitesse au périgée en utilisant la conservation du moment cinétique par rapport au centre de force.

  - Savoir calculer la « vitesse en orbite basse » (ou « première vitesse cosmique ») et la « vitesse de libération » (ou « deuxième vitesse cosmique ») en négligeant les frottements dus à l'atmosphère.