MPSI – Physique/Chimie
Programme de colle semaine 18

Remarque préliminaire à destination des colleurs (qui peut intéresser aussi les élèves) :

Soyez particulièrement intransigeants avec le cours sur l'énergie. Un élève qui ne maîtrise pas parfaitement ce cours a moins de 9 (réciproquement, un élève qui le maîtrise a plus de 11). Ne tolérez aucun mélange ou confusion. Par exemple :

- un élève qui dirait : « la dérivée de l'énergie cinétique est égale au travail total » -> moins de 9
- un élève qui dirait : « la variation de l'énergie cinétique est égale à la puissance totale » -> moins de 9
- un élève qui dirait : « le théorème de l'énergie cinétique stipule que $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ » -> moins de 9
- un élève qui dirait : « le théorème de l'énergie cinétique stipule que la variation de l'énergie cinétique est égale au travail total (ou sa dérivée à la puissance totale) » -> plus de 11
- un élève qui dirait : « la force F(x) dérive de l'énergie potentielle E_p signifie que $F = -\frac{dE_p}{dt}$ » -> moins de 9
- un élève qui dirait : « la force F(x) dérive de l'énergie potentielle E_p signifie que $F = \frac{dE_p}{dx}$ » -> moins de 9
- un élève qui dirait : « la force F(x) dérive de l'énergie potentielle E_p signifie que $F = -\frac{dE_p}{dx}$ » -> plus de 11

Cinématique du point et du solide / Dynamique Newtonienne :

Même chose que la semaine dernière.

Formulation énergétique des lois de la dynamique :

- Définition du travail et de la puissance d'une force à connaître par cœur (dans le cas général : $P = \vec{F}.\vec{v}$ et $W = \int_1^2 \vec{F}.d\vec{r}$).

- Théorème de l'énergie cinétique (sous forme différentielle) : $\frac{dE_c}{dt} = P_{total}$. Savoir le démontrer !
Version intégrale : $\Delta E_c = W_{total}$.

- Définition d'une force conservative : son travail entre deux points A et B ne dépend pas du chemin suivi par le système pour aller de A à B. Savoir que, dans ce cas, on peut lui associer une fonction appelée « énergie potentielle E_p » telle que $W_{\vec{F}}^{A\to B} = -\Delta E_p$ (le travail de la force est l'opposé de la variation d'énergie potentielle), soit, sous forme infinitésimale : $\delta W = -dE_p$.
On en déduit, à une dimension, l'expression de la force à partir de l'énergie potentielle : $\vec{F}(x) = -\frac{dE_p}{dx}\vec{u_x}$.
Applications : connaître et savoir retrouver les énergies potentielles suivantes (elles sont toutes définies à une constante additive près) :

- énergie potentielle de pesanteur $E_p = mgz$ (si (Oz) est vers le haut)
- énergie potentielle élastique (ressort) $E_p = \frac{1}{2}k\left(l - l_0\right)^2$
- énergie potentielle gravitationnelle $E_p = -G\frac{mM}{r}$ (savoir retrouver l'E_p de pesanteur à partir de l'E_p gravitationnelle en faisant un développement limité à l'ordre 1)
- énergie potentielle électrostatique $E_p = qV$ (où V est le potentiel électrique)

- Energie mécanique $E_m = E_c + E_p$. Théorème de l'énergie mécanique (à connaître et à savoir démontrer) : $\frac{dE_m}{dt} = P_{non\ cons.}$ ou $\Delta E_m = W_{non\ cons.}$. Savoir que E_m se conserve en l'absence de forces non conservatives (en pratique, des frottements).

Application : savoir retrouver l'équation différentielle du pendule pesant en utilisant la conservation de l'énergie mécanique.

- Equilibres : savoir que les extrema de l'énergie potentielle sont des positions d'équilibre, et, plus précisément, que les maxima sont des équilibres instables et les minima des équilibres stables (au passage, être capable de définir ce qu'est un équilibre stable et un équilibre instable).
En faisant un développement de Taylor à l'ordre 2 de l'énergie potentielle au voisinage d'une position d'équilibre stable, savoir montrer que tout système oscille au voisinage de ses équilibres stables, et savoir retrouver l'expression de la période des petites oscillations (en fonction de $E_p''(x_{eq})$).

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électromagnétique :

- Expression de la force de Coulomb entre deux particules chargées.

- Notion de champ électrique. Savoir qu'une particule de charge q placée dans un champ $\vec{E}$ subit une force $\vec{F} = q\vec{E}$. Savoir exprimer et représenter le champ électrique crée par une charge ponctuelle.

Introduction à la mécanique quantique :

Ne poser que des questions de cours très simples ! On n'a pas encore vu ce cours mais les élèves sont censés l'avoir lu pendant les vacances. Il s'agit ici seulement de vérifier qu'ils l'ont fait. Donc inutile de les triturer avec des questions subtiles à ce stade.

- Les photons sont les « quanta » de la lumière, ils ont une masse nulle, une énergie $\boxed{E = h\nu}$ (relation de Planck - Einstein, où ν est la fréquence de l'onde lumineuse), et une quantité de mouvement $\boxed{p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}}$. Savoir expliquer, dans les grandes lignes, l'expérience de l'effet photoélectrique, qui a conduit Einstein à introduire le concept de quantification de l'énergie lumineuse.

- Réciproquement, à une particule (électron, proton, neutron…) de quantité de mouvement p, on peut associer une « onde de matière) de longueur d'onde $\boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$ (relation de de Broglie). De plus, si la particule est non relativiste (elle va à une vitesse inférieure environ à un dixième de la vitesse de la lumière), on a $\boxed{p = mv}$, donc $\lambda = \frac{h}{mv}$.

- En physique quantique, l'état d'une particule est caractérisé par sa <u>fonction d'onde</u> ψ, qui est une fonction à valeurs dans $\mathbb{C}$ telle que $|\psi(M)|^2 dV$ représente la <u>probabilité</u> de rencontrer la particule dans un petit volume dV entourant le point M.

- Quand une particule est confinée (c'est à dire qu'elle ne peut se déplacer que sur un segment de longueur L), ses niveaux d'énergie sont automatiquement quantifiés (c'est à dire qu'ils ne peuvent prendre qu'une suite de valeurs discrètes). Pour retrouver l'énergie des différents niveaux, <u>on raisonne par analogie avec une corde vibrante fixée à ses deux extrémités</u> afin de retrouver les longueurs d'onde possibles pour la particule. On en déduit sa quantité de mouvement grâce à la formule de de Broglie, puis son énergie cinétique puisque $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ (puisque $p = mv$).