

**MPSI 1 – Physique/Chimie**  
**Programme de colle semaine 19**

**Dynamique Newtonienne :**

Même chose que la semaine dernière.

**Formulation énergétique des lois de la dynamique :**

Même chose que la semaine dernière.

**Mouvement d'une particule chargée dans un champ électromagnétique :**

- Notions de champ électrique. Qu'est ce qui le crée ? Expression et représentation du champ électrique créé par une charge ponctuelle.

Comment réaliser un champ électrique quasi-uniforme ? Relation  $E = \frac{U}{d}$  où E est la norme du champ électrique entre deux armatures métalliques séparées d'une distance d entre lesquelles on a appliqué une tension électrique U. Savoir que  $\vec{E}$  pointe vers les endroits où le potentiel électrique est le plus bas.

- Notion de champ magnétique. Qu'est-ce qui le crée ? Savoir représenter schématiquement les lignes de champ du champ magnétique terrestre, ou du champ magnétique créé par un aimant (et, au passage, savoir expliquer ce qu'est une « ligne de champ »).

Réalisation d'un champ magnétique quasi-uniforme avec une bobine parcourue par un courant (« électroaimant »). Relation  $B = \mu_0 n I$ , où n est le nombre de spires par unité de longueur et I l'intensité du courant qui circule dans la bobine.

- Forces subies par une charge q placée dans un champ électromagnétique : force électrique  $\vec{F} = q\vec{E}$ , force magnétique  $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ , force de Lorentz (totale) :  $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$ .

- Ordres de grandeur : savoir que pour une particule chargée (électron, proton, noyau, ion), les effets de la force gravitationnelle sont complètement négligeables devant ceux de la force électromagnétique.

- Savoir montrer que la force magnétique ne travaille pas et donc ne change pas la norme de la vitesse (autrement dit, un champ magnétique ne peut pas accélérer ou ralentir une particule, mais seulement la dévier).

- Connaître l'énergie potentielle électrique associée à la force électrique :  $E_p = qV$ , où V est le potentiel électrique. Savoir utiliser cette expression (et le théorème de l'énergie mécanique) pour déterminer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une tension donnée.

- Trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme : savoir retrouver l'équation de la trajectoire. Dans le cas général, il s'agit d'une parabole.

- Trajectoire d'une particule dans un champ magnétique uniforme :

- dans le cas général, savoir montrer que la trajectoire est hélicoïdale et retrouver les différents paramètres de l'hélice (rayon, « pas », vitesse angulaire).

- dans le cas particulier où la vitesse initiale est orthogonale à  $\vec{B}$ , savoir montrer très rapidement (par exemple à l'aide de la formule de Frenet) que la trajectoire est un cercle de rayon  $R = \frac{mv}{|q|B}$  (rayon de

Larmor) parcouru à la vitesse angulaire  $\omega_c = \frac{|q|B}{m}$  (pulsation cyclotron).

- Une application technologique de ce cours : le cyclotron (inventé par Ernest Lawrence en 1932) : savoir faire un schéma du dispositif et de la trajectoire de la particule accélérée. Expliquer son principe de fonctionnement, et être capable d'expliquer clairement pourquoi la tension u(t) entre les dees doit osciller à une pulsation égale à la « pulsation cyclotron »  $\omega_c$ .

## **Introduction à la mécanique quantique :**

- Les photons sont les « quanta » de la lumière, ils ont une masse nulle, une énergie  $E = h\nu$  (relation de Planck - Einstein, où  $\nu$  est la fréquence de l'onde lumineuse), et une quantité de mouvement  $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$ . 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  $\lambda = \frac{h}{p}$  (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  $p = mv$ , donc  $\lambda = \frac{h}{mv}$ .

- En physique quantique, l'état d'une particule est caractérisé par sa fonction d'onde  $\psi$ , qui est une fonction à valeurs dans  $\mathbb{C}$  telle que  $|\psi(M)|^2 dV$  représente la probabilité 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, on raisonne par analogie avec une corde vibrante fixée à ses deux extrémités afin de retrouver les longueurs d'onde possibles pour la fonction d'onde associée à 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  $p = mv$ ).

## **Les atomes : structure électronique et classification périodique : (questions de cours très simples uniquement)**

- Structure des atomes et ordres de grandeurs de la taille de l'atome et de la taille du noyau. Numéro atomique  $Z$  et nombre de masse  $A$ . Isotopes, abondance isotopique, calcul de la masse molaire comme la moyenne des masses molaires des différents isotopes pondérée par les abondances isotopiques naturelles.

- Les états quantiques de l'atome d'hydrogène :

Notion de fonction d'onde (appelée « orbitale atomique » dans le cas de l'atome d'hydrogène).

Les quatre nombre quantiques :  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  et  $m_s$  (spin) : connaître leurs intervalles de variation et savoir que les trois premiers ont des conséquences sur, respectivement, la taille, la forme et l'orientation de l'orbitale atomique.

Energie des états de l'atome d'hydrogène : formule  $E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV$ . Savoir calculer la longueur d'onde du photon émis (ou absorbé) lors d'une transition donnée.