Université Paul Sabatier de Toulouse, année universitaire 2010-2011

L3 LICENCE PHYSIQUE CHIMIE APPLICATION

Mention physique fondamentale

2L60PY2 RELATIVITÉ/PHYSIQUE NUCLEAIRE

TD 5

Durée : 1 h 30

Conformément à l'usage typographique international, les vecteurs sont représentés en gras

1. Mouvement géneral d'une particule chargée dans un champs électrique uniforme et indépendant du temps

On considère une particule chargée, de charge q, en mouvement par rapport à un référentiel galiléen (R) où existe un champs électrique uniforme et indépendant du temps, $\mathbf{E}_s$ dirigé suivant l'axe Ox. A l'instant initial, t=0, la particule est à l'origine du repère R et est animée d'une vitesse initiale $\mathbf{v}_0$ parallèle à l'axe Oy et donc perpendiculaire au champ électrique.

1) Etudier le mouvement de cette particule par rapport au référentiel R et donner l'équation cartésienne de sa trajectoire dans le cadre de la mécanique relativiste.

Au cours de ce calcul, on exprimera la vitesse de la particule en fonction de l'impulsion et de l'énergie, ainsi que l'énergie en fonction du temps.

2) Retrouver l'expression de la trajectoire classique dans l'approximation non relativiste.

On donne:

- $\int \frac{du}{\sqrt{1+u^2}} = Argsh(u)$
- $ch^2(u) - sh^2(u) = 1$
- si $|u| \ll 1$ alors $ch(u) \approx 1 + \frac{u^2}{2}$

2. Synchrocyclotron

On considère un synchrocyclotron qui fonctionne avec une induction magnétique B = 1.8 Tesla, induction qui sera supposée uniforme dans tout l'entrefer, et qui permet d'accélérer des protons jusqu'á 600 MeV.

1) On désigne par x l'énergie cinétique réduite des particules en cours d'accélération :

$$x = \frac{T}{E_0}$$

avec T l'énergie cinétique et E_0 l'énergie au repos.

a) Montrer que le rayon de courbure, R, de la trajectoire de la particule est relié à leur énergie cinétique réduite par :

$$R = \frac{E_0}{qBc}\sqrt{x^2 + 2x}$$

On écrira d'abord l'équation du mouvement pour une particule relativiste dans un champ magnétique constant. On démontrera ensuite que la force de Laplace ne “travaille” pas et que le mouvement dans le plan perpendiculaire au champ **B** est circulaire.

b) Etablir l'expression donnant la fréquence ν de l'oscillateur chargé de fournir le champ électrique accélérateur en fonction de l'énergie réduite x.

c) Calculer le rayon de l'orbite d'extraction du synchrocyclotron. Calculer les valeurs ν_i et ν_f de la fréquence de l'oscillateur au début et à la fin du cycle d'accélération.

2) Sachant que la tension crête de l'oscillateur est de 12 kV et que les particules traversent la coupure accélératrice lorsque la phase est égale à $\pi/6$ par rapport au maximum, calculer le nombre de tours effectués par les protons dans la machine ainsi qu'une valeur approchée du cycle d'accélération.

3) On désire accélérer des deutons (noyau du deutérium : ^{2}H) dans la même machine en conservant la même orbite d'extraction et la même induction B=1.8 Tesla. Que faut-il modifier? Quelle sera lénergie cinétique des deutons en fin d'accélération?

On supposera que la masse du deuton est égale à deux fois celle du proton.

On rappelle:

- $m_p = 1.67\ 10^{-27}$ kg (masse du proton),
- $e = 1.6\ 10^{-19}$ C (valeur absolue de la charge de l'électron et du proton),
- $c = 3\ 10^{8}$ m/s (vitesse de la lumière)