

Université Paul Sabatier de Toulouse, année universitaire 2004-2005
L3 LICENCE PHYSIQUE CHIMIE APPLICATION
Mention physique fondamentale

EXAMEN TERMINAL de relativité/physique nucléaire

Janvier 2005, durée : 3 h

QUESTIONS DE COURS

1. Rappeler la séquence des nombres magiques nucléaires. Donner une observable physique dans laquelle on observe que ces nombres sont "magiques". Citer un modèle qui permet de comprendre les valeurs de ces nombres magiques. Quel terme particulier de l'hamiltonien joue un rôle crucial ?
2. A quoi correspondent les résonances géantes ? Citer deux exemples (on précisera la nature du mouvement). S'agit-il de mouvements collectifs ? Donner les valeurs des énergies de ces résonances en fonction de la taille du noyau A .

EXERCICES

Accélérateur linéaire d'électrons

L'accélérateur linéaire du SLAC, à Stanford - USA-, a été conçu pour accélérer des électrons de masse $m = 0,51 \text{ MeV c}^{-2}$, supposés initialement au repos, et leur communiquer une énergie cinétique finale $T_f = 42 \text{ GeV}$. La longueur l de l'accélérateur est de 3 km. Grâce au champ électrique radiofréquence appliqué, l'énergie cinétique T de l'électron au cours de l'accélération peut être considérée comme proportionnelle à son abscisse x , soit $T = Kx$. En outre, on définit l'énergie cinétique réduite α comme le rapport entre l'énergie cinétique et l'énergie au repos de la particule.

1. (a) Exprimer la vitesse v de l'électron en fonction de l'énergie cinétique réduite α .
(b) Montrer que, dès le premier mètre de parcours, les électrons atteignent la vitesse de la lumière, à mieux que un pour mille près.
2. Exprimer la longueur l' de l'accélérateur linéaire, mesurée par un observateur lié au référentiel propre de l'électron, en fonction de l et de l'énergie cinétique réduite finale $\alpha_f = T_f/mc^2$.
Calculer l' .
3. Calculer la longueur d'onde λ associée aux électrons en fin d'accélération. Peut-on espérer observer, à l'aide de ces électrons, des phénomènes de diffraction. On rappelle que la constante de Planck h vaut $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Transformation de Lorentz

Des horloges synchronisées sont disposées, à intervalles réguliers, sur une longue ligne droite que l'on appellera "voie ferrée". Cette voie ferrée matérialise l'axe $O'x'$ d'un référentiel galiléen G' considéré comme fixe, l'horloge H'_0 est en O' , l'horloge H'_1 à l'abscisse $x'_1 = a$, l'horloge H'_2 à l'abscisse $x'_2 = 2a, \dots$ (voir figure 1. ci-contre)

Toutes ces horloges sont synchronisées pour les observateurs immobiles par rapport à la voie ferrée.

Un train rapide, très long, se déplace sur cette voie ferrée, à une vitesse $\|\vec{v}\| = 3c/5$. Ce train est modélisé par l'axe Ox d'un référentiel galiléen G qui glisse parallèlement sur l'axe $O'x'$.

Nous supposons que les voyageurs du train sont également munis d'horloges synchronisées entre elles et que l'horloge H_0 située en O , indique 0 heure lorsqu'elle passe devant H'_0 située en O' .

- Lorsque O passe devant l'horloge H'_0 , celle-ci indique 0 heure.
- Lorsque O passe devant l'horloge H'_1 , celle-ci indique 1 heure.
- Lorsque O passe devant l'horloge H'_2 , celle-ci indique 2 heures.

1. À l'aide de la transformation de Lorentz, calculer l'heure indiquée par H_0 , lorsque O passe devant H'_1 (qui se trouve, on le rappelle, à l'abscisse $x'_1 = a$). On notera cet événement $E_{(1)}$.

Calculer $x'_1 = a$.

2. Lorsque O passe devant H'_1 (événement $E_{(1)}$ précédent), quelle heure les voyageurs du train qui passent devant H'_0 lisent-ils sur leur propre horloge? On notera cet événement $E_{(0)}$.

Quelle est l'heure indiquée par H'_0 ?

3. Toujours à ce même instant dans le train, quelle heure les voyageurs du train, qui passent devant H'_2 , lisent-ils sur cette horloge? On notera cet événement $E_{(2)}$.

4. Généraliser pour les voyageurs qui passent devant H'_n . Que peut-on en conclure?

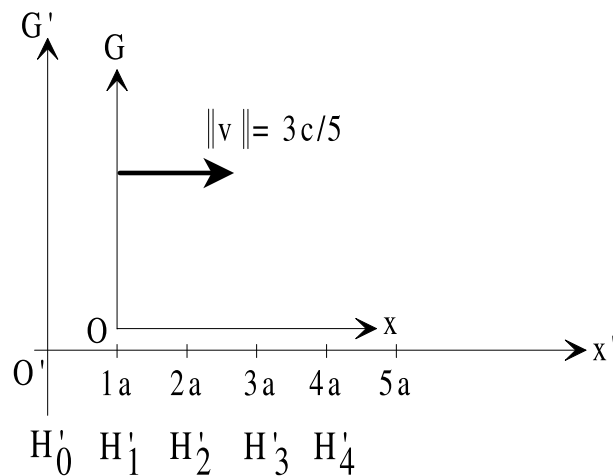


Figure 1: