# Détection de particules

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nom | muon | électron | proton | tau |
| Notation | μ | e | P | τ |
| Charge |  |  |  |  |
| Masse  (GeV/c2) |  |  | 0,94 |  |

Trois particules, parmi lesquelles un électron, un proton et peut être un muon ou un tau, pénétrent dans un détecteur avec un vecteur vitesse initiale identique . Il règne dans ce détecteur un vide poussé et un champ magnétique orthogonal à , dont le sens est précisé sur la figure ci-dessous.

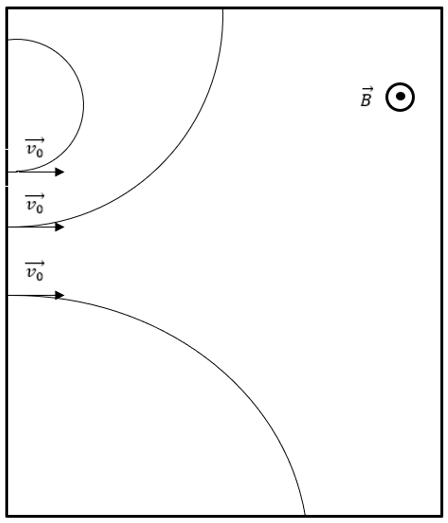
On négligera le poids de ces particules devant la force magnétique qu’elles subissent.

On cherche à identifier chacune des particules dont on donne la trajectoire ci-dessous :

Particule 1

Particule 2

Particule 3



## Montrer que, dans ce système, le mouvement des particules est circulaire et uniforme.

## Etablir soigneusement l’expression du rayon de la trajectoire en fonction de B, mparticule , et v0.

## Attribuer le signe de chaque particule 1,2 et 3. Identifier une des particules.

## Montrer que dans un champ magnétique uniforme et à vitesse égale, les trajectoires d’un muon et d’un tau est moins incurvée que celle d’un électron. Identifier une deuxième particule.

## On mesure les rayons des trajectoires de deux particules : celui d’un électron et celui de la particule non identifiée de charge .

## Le rapport des deux rayons vaut 207. Identifier la troisième particule.

|  |
| --- |
| Système ={particule} dans un repère supposé galiléen : Bilan des forces force magnétique  Dans la base de Frénet  :  et  Principe fondamental de la dynamique :  Projeté suivant  : ce qui entraine le mouvement est uniforme |
| Projeté suivant  : soit |
| Selon la règle des trois doigts de la main droite, on peut conclure que les charges de particules 1 et 2 sont négatives et la charge de la particule 3 est positive  Parmi les particules proposées, seul le proton est chargé positivement.  La particule 3 est donc un proton. |
| Pour les 3 particules, la valeur absolue de la charge est la même :  Si alors   conséquence : trajectoire du muon moins incurvée que celle de l’électron  Si alors   conséquence : trajectoire d’un tau est encore moins incurvée  La particule 1 qui a le rayon de courbure le plus petit est donc l’électron. |
| implique  soit  Il s’agit d’un muon. |

# PRINCIPE DU SPECTROGRAPHE DE MASSE

Le rôle de l’appareil est de séparer les différents isotopes d’un même élément. Il faut d’abord ioniser les atomes dans une chambre. Les ions sont alors accélérés par un champ électrique puis déviés par un champ magnétique. Cette déviation est différente suivant l’isotope, ce qui permet de les séparer. Après séparation, les particules sont collectées. Un comptage électronique des impacts  permet  d’en déduire les proportions relatives de chaque isotope dans un échantillon donné.

A l’aide du spectrographe de masse schématisé par la figure, on cherche à séparer les ions et   de même charge et de masses respectives  et . En O, la vitesse des ions est pratiquement nulle ; ils sont accélérés par la tension  appliquée entre les plaques P1 et P2. Ils pénètrent ensuite en O’, dans un champ magnétique uniforme  perpendiculaire au plan de la figure.

Chambre d’ionisation

Chambre d’accélération

Chambre de déviation

Zone de réception

## Indiquer le sens du champ magnétique qui permet la déviation des ions. Justifier.

## Indiquer le signe de la tension pour que les ions soient bien accélérés.

## Exprimer littéralement les vitesses  et  des deux ions en O2 en [fonction](http://mdevmd.accesmad.org/mediatek/mod/glossary/showentry.php?eid=73&displayformat=dictionary) de , et de leurs masses respectives  et .

## Dans le champ magnétique , on admet que les ions sont animés d’un mouvement circulaire uniforme. Exprimer littéralement les rayons  et  de leurs trajectoires en [fonction](http://mdevmd.accesmad.org/mediatek/mod/glossary/showentry.php?eid=73&displayformat=dictionary) de , , et de leurs masses respectives  et . Indiquer les points d’impacts respectifs de ces particules.

## Les deux ions sont collectés en  et . Calculer la distance .

On donne :

     et

|  |
| --- |
| Chambre d’ionisation    Chambre d’accélération  Chambre de déviation  Zone de réception |
| La froce électrique subie par les ions doit être orientée vers la droite. Le champ l’est également, puisque . ()  Or le champ électrique descend les potentiels donc et donc |
| On utilise la conservation de l’énergie : implique  Avec  et  On arrive donc à d’où  et |
| Système ={particule} dans un repère supposé galiléen : Bilan des forces force magnétique  Dans la base de Frénet  :  et  Principe fondamental de la dynamique :  Projeté suivant  : soit ou encore  D’où et   arrive en arrive en car donc |
| A.N. |

# Principe de fonctionnement du cyclotron

Un cyclotron est constitué par deux demi-boites cylindriques et appelés « dees » à l'intérieur desquelles on établit un champ magnétique . Dans l'espace compris entre les deux demi-boites, on établit une tension alternative qui génère un champ électrique variable dans cavité entre les dees. Des ions positifs de charge , de masse sont injectés en O avec une vitesse négligeable.

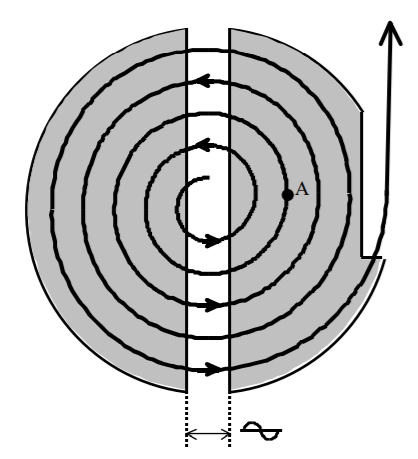
Le but d’un tel dispositif est d’accélérer une particule pour la diriger vers une cible en lui conférant une trajectoire spiralaire. Au cours du choc entre la particule et la cible l’énergie mise en jeu génère de nouvelles particules (selon l’équivalence masse – énergie d’Einstein).

## Légender le schéma ci-dessous en vous appuyant sur le texte introductif de l’exercice

## Ts cours Physique

Une image contenant candélabre

Description générée automatiquement



## Représenter au point A de la trajectoire de l’ion injecté dans le cyclotron, le vecteur vitesse de l’ion et la force magnétique qui s’exerce sur cet ion. Représenter le champ magnétique , dans l’hypothèse où la charge q de l’ion est positive.

## Montrer que l’action du champ ne permet pas d’accroître l’énergie cinétique de l’ion. La force de Lorentz s’exerçant sur la particule est constamment perpendiculaire à la trajectoire (et donc au vecteur vitesse ). Le travail de cette force est donc nul : En appliquant le théorème de l’énergie cinétique , on constate que l’énergie cinétique ne varie pas et donc la vitesse ne varie pas non plus.

## Démontrer que dans un « D », dans l’hypothèse où le champ magnétique est uniforme et constant, le mouvement de l’ion est circulaire uniforme et exprimer le rayon de la trajectoire en fonction de (masse de l’ion), (module de la vitesse de l’ion), et .

Bilan des forces  : force magnétique de Lorentz

Dans la base de Frénet  :

et

Principe fondamental de la dynamique :

Projeté suivant  : ce qui entraine le mouvement est uniforme

Projeté suivant  : soit

## Montrer que la durée de passage dans un D, notée , ne dépend pas de . En déduire la fréquence de la tension pour obtenir une accélération de l’ion à chaque passage dans l’intervalle entre les deux « D »  La durée de passage ne dépend pas de la vitesse. Elle est la même dans chaque D et pour tous les cycles. La période de la tension doit être La fréquence de la tension est donc :

## Déterminer, en fonction de et les expressions des variations de l’énergie cinétique de l’ion lors de la traversée de l’espace entre les deux « ». Entre les D, la particule est soumise à un champ électrique ce qui génère une force électrique . Le travail de cette force s’exprime de façon suivante : Or donc Par ailleurs,

## On en déduit donc que

## En appliquant le théorème de l’énergie cinétique à la particule : On arrive à

## Un ion est injecté dans la zone d’accélération avec une vitesse nulle. Exprimer sa vitesse au moment de la pénétration dans le premier « D » et le rayon de la première trajectoire semi-circulaire. d’où Or D’où

## Après chaque passage dans l’intervalle entre les deux « D », la vitesse de la particule ainsi que le rayon de sa trajectoire dans un « D » augmentent. Exprimer l’énergie cinétique , la vitesse et le rayon en fonction de , le nombre de de mi-tour.

## Après demi-tours, le théorème de l’énergie cinétique annonce :

## Or d’où il en découle :

## Et pour le rayon :

## Exprimer le nombre maximal de demi-tours que peut faire un ion pour un de rayon . En déduire une expression de son énergie à la sortie du cyclotron en fonction de . soit d’où

## Des ions de masse sont accélérés dans un cyclotron de rayon est . Le champ magnétique produit pour les dévier a une intensité . Calculer en J puis en eV l’énergie acquise par particules au moment d’atteindre leurs cibles. On rappelle que :

Vérifier que la vitesse de ces particules n’est pas relativiste (au moins 10 fois inférieure à la vitesse de la lumière).  
 A.N.   
   
Les particules sont non relativistes.