

LES PARTICULES ELEMENTAIRES

I- Généralité :

Corpuscules qui représentent les **constituants élémentaires** de la **matière**, partir desquels sont élaborées les différentes formes de la matière.

Ainsi, les **atomes** ne sont pas des particules élémentaires, car formés d'**électrons** et de **nucléons**, lesquels n'en sont plus eux-mêmes, car composés de **quarks**. Les quarks, dont on n'a pas découvert de constituants plus petits sont considérés comme des particules élémentaires.

Depuis la découverte de l'électron, le nombre de particules élémentaires n'a cessé de croître. Aujourd'hui, on en connaît un très grand nombre, auxquelles il faut ajouter les **résonances**, particules qui ont une vie moyenne de l'ordre de **10-23 s**.

II- Grandeurs fondamentales :

Toute particule élémentaire est définie par certaines grandeurs caractéristiques : les principales sont : la **masse**, la **charge électrique**, le **spin** et le **moment magnétique**.

La masse d'une particule dépend de sa **vitesse** ; pour cette raison, on considère généralement la masse au repos qui est définie par la formule **relativiste** :

$$m = \frac{E}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ou **E** est l'énergie totale de la particule, **v** sa vitesse, **c** la vitesse de la **lumière**. La charge peut être négative, nulle ou positive. Elle est cependant toujours égale, ou multiple, d'une charge élémentaire (celle du proton ou de l'électron), sauf pour les quarks dont la charge représente :

$$\frac{1}{3} \quad \text{ou} \quad \frac{2}{3}$$

de la charge élémentaire. Le spin, ou moment **cinétique** intrinsèque, se mesure en unités : $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

2π

(ou \hbar est la constante de **Planck**). Si s est la valeur du spin, le nombre d'orientations que peut prendre la particule est $(2s + 1)$. Le moment magnétique peut être négatif, positif ou nul ; toutes les particules peuvent avoir un moment magnétique non nul (même celles qui, comme le neutron, sont privées de charge électrique), lequel se mesure en multiples entiers du **magnéton de Bohr**, dont la valeur est donnée par :

$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m_e}$

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m_e} = 9,274078 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$$

μ_B

où μ_B est l'unité de moment magnétique atomique, e la charge électrique de l'électron et m_e la masse de l'électron.

Une autre caractéristique descriptive des particules élémentaires est la **parité** : chaque particule est décrite par une fonction d'onde (qui la représente à chaque instant et en chaque point de l'espace), et la parité est la grandeur qui exprime le comportement de la fonction d'onde lors d'une **interversión** des coordonnées spatiales.

III- Détection :

L'étude des particules élémentaires et de leurs propriétés est subordonnée à la construction d'instruments capables de les isoler et de les détecter.

Les observations directes étant impossibles à cause des dimensions extrêmement réduites des particules, on étudie les traces de leur passage dans la matière.

Pour les particules chargées, le phénomène le plus important est la perte d'**énergie** par **ionisation**, qui accompagne leur traversée d'une certaine épaisseur de la matière. Cela provoque le ralentissement des particules, qui perdent progressivement leur quantité de **mouvement** et laissent sur leur passage des atomes ionisés dont le nombre dépend de l'énergie et de la vitesse des particules incidentes.

C'est sur ce principe que sont fondés beaucoup d'instruments (**Chambre de Wilson, Chambre à bulles, Chambre à étincelles, plaques nucléaires**) qui rendent observables et photographiables les **sillages** d'ions et permettent donc de déterminer les caractéristiques de la particule.

Les **compteurs Geiger** font partie de ce type d'instruments qui sont souvent placés en série, selon les dispositions géométriques bien déterminées, pour l'étude des trajectoires.

IV- Propriétés :

L'observation systématique des particules élémentaires permet non seulement la découverte de nouveaux corpuscules, mais a également permis de connaître leurs propriétés fondamentales communes.

Il faut avant tout noter qu'il y a peu de particules stables : le **photon**, l'**électron**, le **proton** (mais ce n'est pas certain), le **graviton**, le **lepton**, les différents **neutrinos** (**muoniques**, **électroniques** et **tauïques**).

Un cas particulier est celui du neutron qui est stable à l'intérieur du noyau atomique, mais instable quand il est isolé.

Toutes les autres particules sont instables, c'est-à-dire qu'elles ont une vie moyenne plus ou moins longue, mais pas infinie : après un certain laps de temps, elles se désintègrent, engendrant des particules de masse moindre ; le phénomène se répète jusqu'à la création de particules stables.

Soit **N** le nombre de particule d'un certain type existant au début du processus de désintégration. Au bout du temps **t** le nombre de **Nt** de particules restantes est $Nt = Ne^{-\lambda t}$ ou λ est une constante caractéristique de chaque particule.

On entend par **vie moyenne** d'une particule : le temps au bout duquel $Nt = N$

e

V- Classification :

Les particules élémentaires sont classées en fonction de la **statistique** à laquelle elles obéissent : toutes les particules de **spin demi-entier** sont des **fermions** et suivent la statistique de **Fermi-Dirac**, alors que les particules de **spin entier** sont des **bosons** et suivent la statistique de **Bose-Einstein**.

Aux fermions s'applique le principe d'exclusion de **Pauli**. Une deuxième classification opère en fonction de la masse des particules et des **interactions** auxquelles elles prennent part.

Les particules les légères et sensibles à l'interaction faible sont appelées **leptons** : **électron**, **muon**, **tau**, **neutrino électronique**, **neutrino tauïque**.

Les particules plus lourdes, sensibles à l'interaction forte, sont les **hadrons**, eux-mêmes divisés en deux groupes : les **baryons** (qui sont aussi des fermions et dont font partie les protons, les neutrons) et les **mésos** (qui doivent ce nom à leur masse, intermédiaire entre celle de l'électron et du proton).