



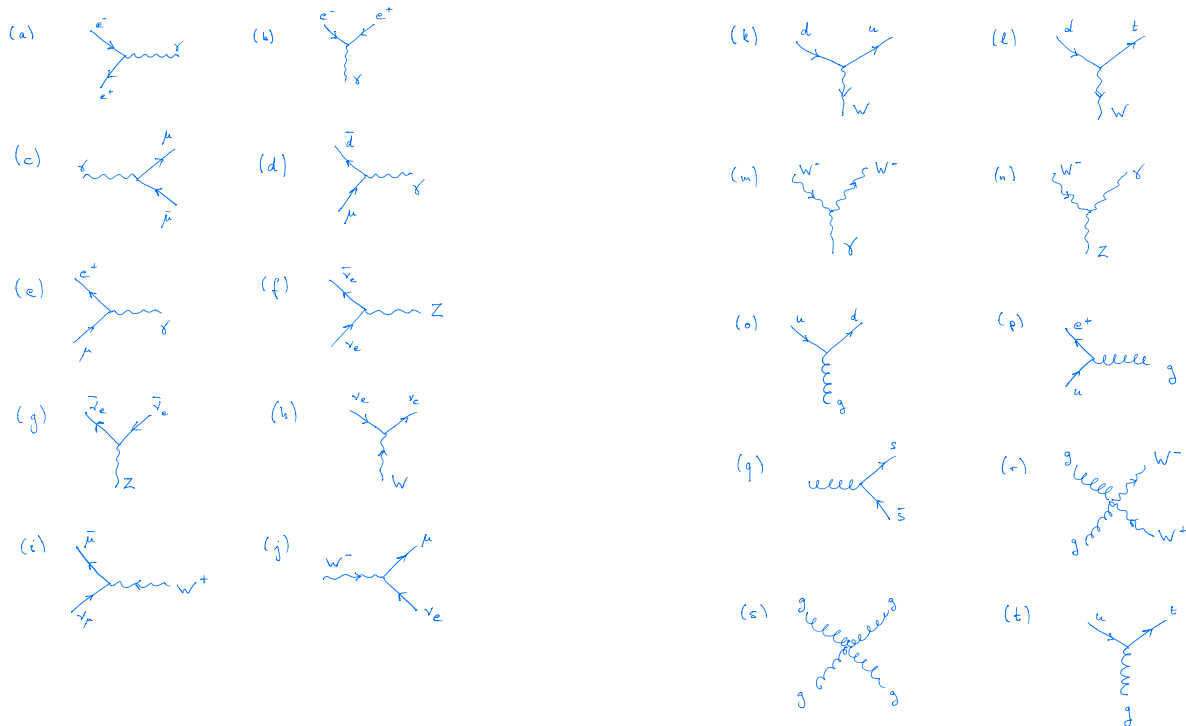
Devoir à la maison : Physique des particules

L3 (Année 2022/23)

A rendre pour le 22 mai 2023

1 Les interactions du modèle standard

Indiquer pour chacun des diagrammes ci-dessous s'il décrit une interaction du modèle standard. Si ce n'est pas le cas, indiquer en quelques mots quel principe du modèle standard est violé (p.ex. "violation de la conservation de charge").



2 Les baryons dans un monde sans couleur

Dans un monde sans couleur, la fonction d'onde ψ d'un baryon aurait les trois composants suivants

$$\psi = \phi_{saveur} \chi_{spin} \eta_{espace} . \quad (1)$$

1. En répétant l'argumentation qui mène à un octet et un décuplet dans le monde réel, trouver la structure des multiplets des baryons avec moment angulaire orbital $L = 0$ dans ce monde sans couleur.
2. Quelle est la signification de la notion de couleur en terme de la symétrie de jauge $SU(3)$? Pourquoi ce monde sans couleur se distinguerait du nôtre beaucoup plus radicalement que juste par la structure de multiplets des baryons ?

3 Taux relatif de désintégration à la base des considérations d'isospin

On donne dans le tableau suivant les masses de quelques particules:

Hadron	p	n	π^0	π^-, π^+	$\Delta^-, \Delta^0, \Delta^+, \Delta^{++}$
Masse (en MeV)	938,3	939,6	135,0	139,6	1232

Comme les protons et les neutrons, les baryons Δ sont composés de trois quarks, de types u ou d. On souhaite utiliser la symétrie d'isospin entre les quarks u et d pour comparer leurs taux de désintégration, et montrer que

$$\Gamma(\Delta^- \rightarrow \pi^- n) : \Gamma(\Delta^0 \rightarrow \pi^0 n) : \Gamma(\Delta^0 \rightarrow \pi^- p) : \Gamma(\Delta^+ \rightarrow \pi^0 p) : \Gamma(\Delta^+ \rightarrow \pi^+ n) : \Gamma(\Delta^{++} \rightarrow \pi^+ p) \approx 3 : 2 : 1 : 2 : 1 : 3 .$$

1. Justifier qu'il suffit de prouver que

$$T(\Delta^- \rightarrow \pi^- n) : T(\Delta^0 \rightarrow \pi^0 n) : T(\Delta^0 \rightarrow \pi^- p) : T(\Delta^+ \rightarrow \pi^0 p) : T(\Delta^+ \rightarrow \pi^+ n) : T(\Delta^{++} \rightarrow \pi^+ p) \approx \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1 : \sqrt{2} : 1 : \sqrt{3}$$

où $T(i \rightarrow f) = T_{fi}$ est un élément de la matrice de transition.

2. Si on appelle \hat{H}_{strong} le hamiltonien d'interaction pour l'interaction forte, justifier l'expression

$$\langle \pi^- n | \hat{H}_{strong} | \Delta^- \rangle = A \langle \phi(\pi^- n) | \phi(\Delta^-) \rangle , \quad (2)$$

avec A une constante, et $\phi(\psi)$ la fonction d'onde dans l'espace isospin de l'état ψ .

3. Écrire des expressions analogues pour la désintégration des autres baryons Δ . Justifier l'apparence de la même constante A dans chacune de ces expressions.
4. Exprimer $|\Delta^0\rangle$, $|\Delta^+\rangle$ et $|\Delta^{++}\rangle$ en fonction de $|\Delta^-\rangle$ et des opérateurs d'échelle de la symétrie d'isospin.
5. Exprimer tous les produits des désintégrations en fonction de $\phi(\pi^- n) = \phi(\pi^-) \otimes \phi(n)$ et des opérateurs d'échelle de la symétrie d'isospin.
6. En déduire le résultat annoncé.

4 Trajectoire d'une particule chargée dans un champ magnétique

Une particule de charge e et d'une vitesse relativiste $\mathbf{v} = v_3 \mathbf{e}_3 + \mathbf{v}_\perp$ en temps $t = 0$ se trouve dans un champ magnétique $\mathbf{B} = B \mathbf{e}_3$.

1. Trouver $\mathbf{v}(t)$.
2. La trajectoire de la particule projetée sur le plan perpendiculaire à la direction du champ magnétique est circulaire de rayon R . Trouver R .
3. Trouver une formule pour l'impulsion transversale \mathbf{p}_\perp de la particule.
4. Au-delà du rayon R , qu'est-ce qu'il faut mesurer pour arriver à l'impulsion totale de la particule ?
5. Nous introduisons la notation $R = R[m]m$, en sorte que p.ex. pour $R = 5\text{cm}$, $R[m] = 5 * 10^{-2}$, et pareil pour toutes autres quantités avec unité. Montrer que le résultat obtenu pour la sous-question 3 donne lieu à l'expression

$$p_\perp [GeV/c] = 0.3R[m]B[T], \quad (3)$$

si nous mettons $c = 3 * 10^8 m/s$.

6. Quelles sont les particules créées dans les accélérateurs (comme p.ex. au CERN) dont l'impulsion peut être déterminée par cette méthode ? Quelle est leur charge ? Conclure que l'analyse de leurs trajectoires est suffisante pour calculer leur impulsion.

À noter: les premières trois sous-questions de cette question testent les connaissances du cours d'électromagnétisme. Bien que vous devriez arriver à les résoudre, les questions dans l'examen se focaliseront sur le contenu du cours de physique des particules.