Université de Jijel, Faculté des Sciences exacte et Informatique, Département de Physique

Interrogation en théories de Jauge *16/1/2019 Durée 1h30*

Master 2 en physique théorique *Année universitaire 2018-2019*

(I) Exercice 1: Mécanisme de Higgs

Considérons la densité lagrangienne d'un doublet de champ scalaire complexe ϕ,

$$\mathcal{L} = \partial_\mu \phi^\dagger \partial^\mu \phi - V(\phi^\dagger \phi), \qquad V(\phi^\dagger\phi) = -\mu^2 \phi^\dagger \phi + \lambda(\phi^\dagger \phi)^2 \ \ (\mu^2 > 0), \qquad \phi = \begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix} \tag{1}$$

(1) Montrer que $\mathcal{L}$ est invariante sous la transformation de jauge globale du groupe $SU(2)$,

$$U = \exp\Big(-i\alpha_i \tau_i\Big), \qquad \tau_i = \frac{\sigma_i}{2}. \tag{2}$$

où σ_i pour $i = 1, 2, 3$ sont les matrices de Pauli, et α_i sont les paramètres du groupe.

(2) On remplace la dérivé normale par la dérivé covariante

$$\partial_\mu \to D_\mu = \partial_\mu - ig\vec{\mathbf{A}}_\mu, \qquad \vec{\mathbf{A}}_\mu = \tau_i A^i_\mu, \qquad \text{pour} \qquad i = 1, 2, 3. \tag{3}$$

et on suppose que la dérivé covariante se transforme comme: $(D'_\mu \phi(x))' \to U(x) D_\mu \phi(x)$.

2-1- Montrer que $\vec{\mathbf{A}}_\mu$ se transforme de la manière suivante: $\vec{\mathbf{A}}'_\mu \to U(x)\vec{\mathbf{A}}_\mu U^\dagger - \frac{i}{g}(\partial_\mu U(x))U^\dagger(x)$.

2-2- Déduire que $\mathcal{L}$ est invariante sous la transformation de jauge locale $U(x)$.

(3) On exprime le doublet ϕ en fonction des nouveaux champ réels H et ξ_i $(i = 1, 2, 3)$:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp\Big(i\tau_i \xi_i(x)/v\Big) \begin{pmatrix} 0 \\ v + H(x) \end{pmatrix} \tag{4}$$

où v est constante réelle.

3-1- Que représentent les champs H et ξ_i?

3-2- Réécrire le potentiel V dans la jauge unitaire, ç.à.d: $\phi'(x) \to \exp\Big(-i\tau_i\xi_i(x)/v\Big)\phi(x)$.

3-3- Calculer la masse du champ H.

(II) Exercice 2: Section efficace partonique de la réaction $q\bar{q} \to g\gamma$

Considérons la réaction (au niveau partonique) suivante: $q(p_1) + \bar{q}(p_2) \to G(p_3) + \gamma(p_4)$.

(1) Tracer les deux diagrammes de Feynman décrivant ce processus.

(2) Calculer les amplitudes correspondantes M_1 et M_2 et leurs complexes conjugués.

(3) Calculer le carré de l'amplitude sommé et moyenné sur les spins et couleurs $(\overline{\sum}|M|^2)$.

(4) Exprimer $\overline{\sum}|M|^2$ en fonction des variables de MandelStam puis en fonction de θ dans le référentiel du centre de masse.

(5) Calculer la section efficace différentielle $d\hat{\sigma}/d\hat{t}$ correspondante.

(III) Appendices

- Variable de Mandelstam:

$$\hat{s} = (p_1 + p_2)^2, \qquad \hat{t} = (p_1 - p_3)^2, \qquad \hat{u} = (p_2 - p_3)^2. \tag{5}$$

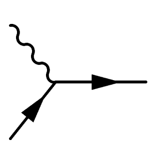
- Section efficace $\hat{\sigma}$:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{4\sqrt{(p_1 \cdot p_2)^2}} \frac{1}{(2\pi)^2} \int \frac{|\vec{p}_3|^2 d|\vec{p}_3|}{2E_3} \sin(\theta) d\theta d\phi \delta^+((p_1 + p_2 - p_3)^2) \overline{\sum}|\mathcal{M}|^2. \tag{6}$$

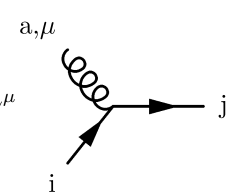
- Référentiel du centre de masse:

$$p_1 = \frac{\sqrt{s}}{2}(1, 0, 0, 1), \qquad p_2 = \frac{\sqrt{s}}{2}(1, 0, 0, -1), \qquad p_3 = \frac{\sqrt{s}}{2}(1, \sin(\theta), 0, \cos(\theta)). \tag{7}$$

- Vertex:



$- iee_q \delta_{ij} \gamma^\mu$



$$- i\, g\, (T^a)_{ji}\, \gamma^\mu \tag{8}$$