

1. Fes un dibuix mostrant la dependència de la constant running $\bar{\alpha}_s(t)$ en QCD i $\bar{\alpha}(t)$ en QED en funció de l'energia típica d'un procés $E = e^t E_0$. Com E_0 prendrem per a QCD m_p i per a QED m_e . Per a quins valors de E es desenvolupa pertorbatiu adient? ($\alpha_s(m_p) = 0.3, \alpha(m_e) = 1/137$) Quin seria el resultat si $\alpha_s(m_p) = 1/137$? Quin seria el tamany característic de la partícula ρ en aquest cas?
2. Justifica i dona exemples que demostrin que
 - (a) Les teories gauge tenen millors propietats ultraviolades que teories similars sense invariància gauge. Presenten únicament un subconjunt de totes les divergències possibles
 - (b) Les constants de renormalització en una teoria renormalitzable com QCD o QED son independents del moment
 - (c) Algunes simetries del lagrangiana no es realitzen a nivell quàntic.
3. Demostreu, que en el límit de transferència de moment molt més petita que M_W , la interacció electrofeble es redueix al Lagrangiana de Fermi, i trobeu el valor de la constant de fermi G_F en funció de: la constant d'estructura fina $\alpha = e^2/(4\pi)$, la massa de la W , M_W , i l'angle de Weinberg $\sin^2 \theta_W$.
4. Sigui un camp escalar complex $\phi(x)$ sotmès a una interacció gauge $U(1)$ amb un camp $A_\mu(x)$, i amb ruptura espontània de simetria.

$$V(\phi) = \lambda \left(\phi\phi^* - \frac{v^2}{2} \right)^2$$

fem un canvi de variables:

$$\phi(x) = e^{i\tau(x)/v} \varphi(x)$$

- (a) Trobeu els següents termes del Lagrangiana: part cinètica de $\tau(x)$. Termes de massa de $\tau(x)$. Els termes que son proporcionals a $A^\mu \partial_\mu \tau(x)$. Terme de massa de A_μ
- (b) Introduïm en el Lagrangiana un terme de fixació de gauge de 't Hooft:

$$\mathcal{L}_{gf} = -\frac{1}{2\xi} (\partial^\mu A_\mu - M_\gamma \xi \tau)$$

Demostreu que el Lagrangiana total no té termes mixtes $A^\mu \partial_\mu \tau(x)$, i trobeu la massa del bosó $\tau(x)$ en aquest gauge.