

## Desintegraciones y secciones eficaces

### Ejercicio 1: Desintegración de una partícula escalar

Considera la densidad Lagrangiana

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)^2 - \frac{1}{2}M^2 \phi^2 + \frac{1}{2}(\partial_\mu \varphi)^2 - \frac{1}{2}m^2 \varphi^2 - \mu \phi \varphi \varphi,$$

donde  $\phi$  y  $\varphi$  son campos escalares reales. Si  $M > 2m$ , calcula la vida media de la partícula  $\phi$  al orden más bajo en  $\mu$ .

### Ejercicio 2: Desintegración del Higgs en dos fermiones

La interacción de Yukawa entre el bosón de Higgs ( $h$ ) y un fermión ( $f$ ) de masa  $m < m_h/2$  viene descrita por

$$\mathcal{L} \supset -y h \bar{f} f.$$

Calcula la anchura de desintegración  $\Gamma(h \rightarrow f \bar{f})$ .

### Ejercicio 3: Cálculo de la sección eficaz $\nu Z \rightarrow \nu_h Z$

Considera el Lagrangiano efectivo

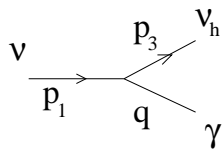
$$\Delta \mathcal{L}_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \mu_{\text{tr}} \bar{\nu} \sigma_{\mu\nu} P_R \nu_h F^{\mu\nu} + h.c.,$$

donde  $\mu_{\text{tr}}$  es un número real,  $\nu$  es un neutrino sin masa y  $\nu_h$  es un neutrino de Dirac de masa  $m$ .

(i) Qué dimensión tiene el acoplo dipolar  $\mu_{\text{tr}}$ ? Comprueba que

$$\Delta \mathcal{L}_{\text{eff}} = \frac{1}{2} \mu_{\text{tr}} (\bar{\nu} \sigma_{\mu\nu} (1 + \gamma_5) \nu_h + \bar{\nu}_h \sigma_{\mu\nu} (1 - \gamma_5) \nu) \partial^\mu A^\nu.$$

(ii) Considera el vértice



Calcula el elemento de matriz

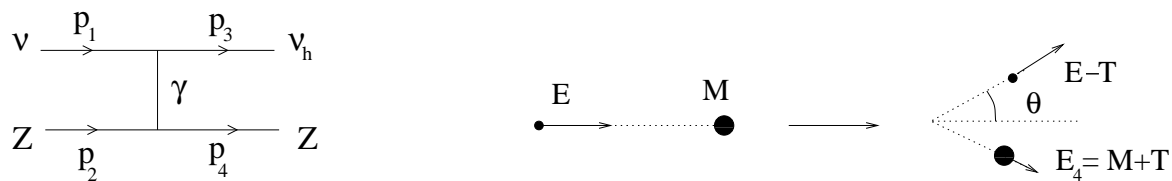
$$\langle \nu_h(\vec{p}_3, s_3) \gamma(\vec{q}, \lambda) | iT | \nu(\vec{p}_1, s_1) \rangle = (2\pi)^4 \delta^4(p_3 + q - p_1) i\mathcal{M}(p_1 \rightarrow p_3 q).$$

Parametriza la amplitud de transición

$$i\mathcal{M}(p_1 \rightarrow p_3 q) = \bar{u}^{s_3}(\vec{p}_3) \Gamma_\nu u^{s_1}(\vec{p}_1) \epsilon^{\mu*}(\vec{q}, \lambda)$$

y deduce la regla de Feynman  $\Gamma_\nu$  correspondiente a ese vértice.

(iii) Considera el proceso  $\nu Z \rightarrow \nu_h Z$  mediado por un fotón en el canal  $t$ ,



donde  $Z$  es un núcleo atómico de espín  $1/2$ , masa  $M$  y carga eléctrica  $Z$ . Estudia la cinemática de esa colisión en el sistema laboratorio, donde  $p_1 = (E, 0, 0, E)$  y  $p_2 = (M, 0, 0, 0)$ . Expresa el ángulo de scattering  $\theta$  en términos del *recoil* (retroceso)  $T$ . Determina los valores máximos y mínimos de  $T$  en términos de  $E$ ,  $M$  y  $m$ . Encuentra los invariantes  $s$ ,  $t$  y  $u$ .

(iv) Calcula la sección eficaz diferencial  $d\sigma/dT$  asumiendo que las partículas iniciales no están polarizadas.