

Estudio de acoplos anómalos $ZZ\gamma$ y $Z\gamma\gamma$ con el detector L3 de LEP

J. Alcaraz, A. Bajo, N. Colino, B. De la Cruz, I. Josa, P. Ladrón de Guevara, E. Sánchez, representando la Colaboración L3

CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040 MADRID.

Uno de los temas analizados durante la segunda fase de LEP ($\sqrt{s} > M_Z$) ha sido el (posible) acoplo triple, o incluso cuártico, entre bosones. En este trabajo se presenta un estudio de los acoplos $ZZ\gamma$ y $Z\gamma\gamma$, que son extremadamente pequeños en el marco del Modelo Estándar, pero que pueden verse potenciados en modelos compuestos o en caso de existir partículas nuevas¹. La existencia de los acoplos anómalos $ZZ\gamma$ y $Z\gamma\gamma$ - estudiados en el proceso $e^+e^- \rightarrow Z\gamma$ - se manifestaría como un incremento en el número de sucesos $Z\gamma$ observados, particularmente en los casos en los que el fotón es emitido a alto ángulo con respecto al eje del haz, así como en un cambio en la distribución del ángulo polar del fotón.

Los datos en los que se basa este estudio han sido tomados por el detector L3² durante el último año de funcionamiento de LEP (2000) a distintas energías de centro de masas, agrupándose en torno a $\sqrt{s} = 205.2, 206.6$ y 208.8 GeV, con unas luminosidades acumuladas respectivamente de $L = 78.9, 130.0$ y 8.3 pb⁻¹. Se ha analizado el canal estadísticamente más significativo, $e^+e^- \rightarrow Z\gamma \rightarrow q\bar{q}\gamma(\gamma)$.

En el orden más bajo del Modelo Estándar el proceso $e^+e^- \rightarrow Z\gamma$ tiene lugar a través del intercambio de un electrón en el canal t . Estas interacciones se caracterizan por la producción de un fotón *quasi*-monoenergético de muy alta energía, y en retroceso al Z, $E_g = 0.5\sqrt{s}(1 - m_Z^2/s)$, donde \sqrt{s} es la energía centro de masas de la colisión. La selección de los sucesos $e^+e^- \rightarrow Z\gamma \rightarrow q\bar{q}\gamma(\gamma)$ se hace, pues, pidiendo la presencia de un fotón (cúmulo en el calorímetro electromagnético) de energía

$$80 \text{ GeV} < (s - 2E_\gamma\sqrt{s})^{1/2} < 110 \text{ GeV}$$

Los requisitos más específicos para extraer un suceso que sea además hadrónico son alta multiplicidad en el suceso, inexistencia de energía perdida en el detector y ángulo polar del fotón de retroceso tal que $14^\circ < \theta_\gamma < 166^\circ$. Además los sucesos en los que el fotón es emitido en un ángulo tal que $|\cos\theta_\gamma| < 0.85$ y lleva asociado una traza en el detector de vértice se desprecian, ya que se considera un candidato a electrón. Este corte reduce la contaminación de procesos $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}e^+e^-$ y $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}e^+e^-$ a un 2.5%.

Para simular estos sucesos y estudiar la eficiencia de los requisitos de selección se ha generado un conjunto de sucesos $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}\gamma(\gamma)$ con KK2f³. Este conjunto ha sido sometido al mismo tratamiento que los datos reales (respuesta al detector L3, programas de reconstrucción y de análisis). En la tabla 1 se muestra la luminosidad, la eficiencia, el número de sucesos seleccionados, y la sección eficaz medida (y ya corregida por la contaminación) de sucesos generados con un fotón de más de 20 GeV y emitidos en un

rango de ángulo polar $5^\circ < \theta_\gamma < 175^\circ$. La sección eficaz predicha por el Modelo Estándar se lista en la última columna.

Tabla 1. Luminosidad, eficiencia, número de sucesos seleccionados y sección eficaz medida para los datos analizados a distintas energías \sqrt{s} . También se presenta la sección eficaz del Modelo Estándar.

\sqrt{s} (GeV)	L (pb^{-1})	ϵ (%)	Sucesos	σ (pb)	σ_{SM} (pb)
205.2	78.940	24.8 \pm 0.2	337	16.4 \pm 0.9	16.34
206.6	130.030	25.0 \pm 0.2	507	14.8 \pm 0.7	16.06
208.8	8.297	24.6 \pm 0.2	35	16.2 \pm 2.9	15.62

Los lagrangianos invariantes Lorentz más generales que incorporan acoplos anómalos⁴ cuantifican sus desviaciones del Modelo Estándar a través de ocho magnitudes: h_i^V ($i = 1,4; V = \gamma, Z$), donde V identifica el acoplo anómalo $ZV\gamma$ y cuyos valores en el marco del Modelo Estándar son nulos a nivel árbol y extremadamente pequeños ($\leq 10^{-4}$) a 1-loop.

Consideremos un suceso $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}\gamma(\gamma)$ descrito por las siguientes cinco variables: energía del fotón, E_γ , sus ángulos polar y acimutal, $\theta_\gamma, \phi_\gamma$, y los ángulos del fermión f en el sistema centro de masas del Z , $\theta_f^{CM}, \phi_f^{CM}$. La sección eficaz diferencial del proceso en estudio puede escribirse en función de las llamadas Variables Optimas, que a su vez dependen de las cinco variables definidas anteriormente, y de los acoplos anómalos. Un ajuste de máxima verosimilitud con bins entre la distribución de las variables óptimas en datos y en la predicción teórica en presencia de acoplos anómalos (técnica de repesado), permite determinar el valor óptimo de un acoplo dado, h_i^V .

Los resultados obtenidos están de acuerdo con las predicciones del Modelo Estándar, y por tanto se muestran en la tabla 2 límites al 95% de nivel de confianza sobre los parámetros h_i^V .

Tabla 2. Límites al 95% CL sobre los acoplos anómalos h_i^V .

Límites al 95% CL	Límites al 95% CL
$-0.21 < h_1^z < 0.22$	$-0.06 < h_1^g < 0.11$
$-0.12 < h_2^z < 0.10$	$-0.08 < h_2^g < 0.02$
$-0.30 < h_3^z < 0.24$	$-0.05 < h_3^g < 0.05$
$-0.13 < h_4^z < 0.18$	$-0.02 < h_4^g < 0.04$

Interpretando los datos en término de escalas de energía, reparametrizando las expresiones para los acoplos⁵, se excluye la existencia de nueva física a partir del rango de energías 280-1450 GeV, dependiendo del tipo de acoplo.

Referencias

- ¹ F.M.Renard, *Phys. Lett.* **B126** (1983) 59 y referencias allí citadas.
- ² A. Adam *et al.*, L3 Collab., *Nucl. Inst. and Meth.* **A383** (1996) 342.
- ³ KK2f: S. Jadach *et al.*, *Comp. Phys. Comm.* **130** (2000) 260.
- ⁴ K. Hagiwara *et al.*, *Nucl. Phys.* **B282** (1987) 253.
- ⁵ P. Mery, M. Perrotet, F.M. Renard, *Z. Phys.* **C38** (1988) 579 y referencias allí citadas.