

CALIBRACIÓN DEL MOMENTO DE LOS MUONES EN CMS

M.L. Cepeda¹, B. de la Cruz¹ y M.I. Josa¹

¹ División de Física de Partículas. Departamento de Investigación Básica. CIEMAT.
Avenida Complutense 22, 28040 Madrid (Spain)

MaríaLuisa.Cepeda@ciemat.es

Resumen. El experimento CMS, en el colisionador LHC, comenzará a funcionar el próximo otoño. Una tarea prioritaria en ese momento será la puesta a punto y calibración de los diferentes detectores. En este trabajo se presenta la estrategia que se está desarrollando actualmente en CMS para calibrar, con los propios datos, la escala del momento de las partículas reconstruidas en el detector central de muones. Para ello se utilizarán muestras de muones procedentes de bosones Z y de resonancias J/Ψ y Υ . Esta calibración debe tener en cuenta los diferentes factores que pueden influir en la determinación del momento (alineamiento, campo magnético, difusión múltiple etc.) de las trazas.

1. Introducción

El experimento CMS es uno de los dos detectores multipropósito que se están instalando actualmente en el colisionador de protones (Large Hadron Collider, LHC), que entrará en funcionamiento a finales del presente año 2007.

CMS [1] incorpora un detector central de trazas, todo él con detectores de silicio en una disposición multicapa, un calorímetro electromagnético de cristales de $PbWO_4$, con muy buena resolución en energía, y un calorímetro hadrónico que asegura la hermeticidad del detector y una medida adecuada de la energía total del suceso. Todos estos elementos se encuentran inmersos en un campo magnético solenoidal de 4 T, que permite una determinación precisa del momento de las partículas cargadas.

Finalmente, un componente esencial en CMS es el detector de muones [2]. Las técnicas de instrumentación elegidas varían dependiendo de la zona espacial a cubrir, dados los diferentes requisitos experimentales en cada una de ellas. El detector para la zona central ($|\eta| \leq 1,3$) está compuesto por cuatro capas de cámaras de tubos de deriva (Drift Tube Chambers), insertas en el entrehierro del imán y dispuestas concéntricamente alrededor del tubo del haz. Para las zonas de bajo ángulo ($0,9 \leq |\eta| \leq 2,4$) se han construido cámaras de tiras catódicas (Cathode Strip Chambers) dado el mayor flujo de partículas en esta zona.

La colaboración está actualmente inmersa en la fase final de instalación y puesta a punto de los detectores. El objetivo de este trabajo es describir las estrategias que se están desarrollando actualmente en CMS para una determinación óptima del momento de los muones reconstruidos en el detector central.

2. Medida del momento en las cámaras de muones

Las cámaras DT están formadas por tres supercapas independientes, cada una con cuatro capas de tubos de deriva, y una estructura mecánica, intercalada entre dos de ellas, que le proporciona rigidez. Dos supercapas proporcionan la medida en el plano de

curvatura del imán, y la tercera, en el plano perpendicular al mismo. De esta forma se tienen 8 (ó 4) puntos para la reconstrucción de segmentos de traza en cada cámara. Posteriormente estos segmentos se enlazan, reconstruyendo así la trayectoria completa del muón y determinando el momento del mismo.

Dada la precisión mecánica de construcción, se consigue una resolución espacial en cada punto de 200 μm , y se alcanzan precisiones en la determinación del momento (dependiendo de la región angular) [3] de entre 8 y 15% para muones de momento de hasta 100 GeV, y entre el 20 y el 40%, para muones de 1 TeV. La determinación del momento mejora significativamente una vez se incluye la información procedente del detector central. La precisión en este caso es del 1% a 10 GeV y el 15% a 1 TeV.

Hay factores que afectan, tanto a la escala del momento de los muones como a la resolución en la medida del mismo. Además de la resolución intrínseca de los detectores, se pueden señalar:

- Difusión múltiple producida en los calorímetros y en el hierro que separan las diferentes estaciones.
- Pérdidas de energía debido al material que tienen que atravesar los muones hasta las diferentes estaciones.
- Impactos espúreos, debido a radiación de los muones, rayos delta y otros fondos.
- Desalineamiento entre las cámaras de muones.
- Incertidumbres en el conocimiento del campo magnético.

Es por ello esencial, desarrollar estrategias que permitan evaluar con los datos mismos, el impacto de estos factores, y en su caso corregirlos adecuadamente.

3. Método de calibración

Se trata de emplear muestras de señales físicas, con características bien conocidas, que permitan determinar la escala del momento y la resolución en la medida del mismo. Aparece como opción natural el utilizar muestras de bosones Z, entre cuyos modos de desintegración se incluyen un par de muones de signo opuesto en el estado final. Gracias a las experiencias en LEP y SLD, la masa del bosón Z está medida con gran precisión ($m_Z = 91,1875 \pm 0,0021 \text{ GeV}$ [4]). De esta forma, seleccionando muestras con dos muones en el estado final, y comparando su masa efectiva con el valor conocido de la masa del bosón Z, se puede determinar la escala de energía.

La muestra de Z se complementa, en otra región de energía-momento, con las de resonancias J/Ψ (3100) y Υ (9500). Ambas partículas tienen también un canal de desintegración en dos muones. Se puede por tanto, parametrizar y corregir, los efectos mencionados anteriormente; todo ello, en función del momento de los muones y de su localización angular.

El LHC se pondrá en marcha en otoño de 2007, y producirá las primeras colisiones a una energía en el sistema centro de masas de 900 GeV, con una limitadísima luminosidad integrada. En estas condiciones no se espera producir bosones Z y únicamente se dispondrá de pequeñas muestras de resonancias J/Ψ y Υ . A modo de ejemplo, se puede señalar, que con una luminosidad integrada de $\mathcal{L}_{\text{int}} = 100 \text{ nb}^{-1}$ se espera producir una muestra de unos 300 J/Ψ , que se verá considerablemente reducida a nivel de reconstrucción.

Estas muestras presentan la dificultad adicional de que los muones resultantes de su desintegración serán, en general, de momento más bajo, por lo cual no atravesarán todas las cámaras de muones y habrá que aplicar algoritmos específicos para su identificación.

En 2008, se pretende alcanzar la energía nominal de 14 TeV c.m. y se podría recoger una luminosidad integrada de hasta 1 fb^{-1} . En estas condiciones la estadística esperada para las muestras de $Z \rightarrow ll$ sería de 10^6 sucesos, un tercio de ellos con dos muones en el estado final, con lo que se podría alcanzar una precisión estadística menor de 100 MeV en la determinación de la escala del momento, en las diferentes regiones del detector. Esta muestra se vería complementada por estadísticas abundantísimas de J/Ψ y Υ para cubrir adecuadamente la región de más bajo momento.

Bibliografía

- [1] Colaboración CMS. CMS Technical Proposal.
- [2] Colaboración CMS. The Muon Project. Technical Design Report. CERN/LHCC 97-32
- [3] Colaboración CMS. Physics Technical Design Report, Volume I. Detector Performance and Software. CERN/LHCC 2006-001.
- [4] Colaboraciones ALEPH, DELPHI, L3, OPAL y SLD. El Grupo de trabajo Electrodébil de LEP y el grupo de trabajo Electrodébil de SLD. Physics Reports 427, Nos. 5-6, Mayo 2006.