

El detector de tiempo de vuelo del experimento DIRAC

Ana Rodríguez Fernández

Dpto. Física de Partículas, Universidad de Santiago de Compostela, 15704 Santiago de Compostela

El objetivo del experimento DIRAC¹ del CERN consiste en la medida de la vida media del átomo piónico, $\pi^+\pi^-$, en su estado fundamental con una precisión del 10%. El valor de esta magnitud viene dictado por la interacción fuerte a bajas energías y permite obtener la diferencia entre las longitudes de *scattering* $\pi\pi$ en onda S, $|a_2-a_0|$, con una precisión del 5%. La confrontación de estos resultados con los cálculos realizados en el marco de la Teoría Quiral de Perturbaciones supone un test crucial para dicha teoría y para el conocimiento actual de la ruptura espontánea de la simetría quiral.

La observación de los átomos piónicos en DIRAC, generados en interacciones de un haz de protones de 24 GeV/c con un blanco fijo, se realiza mediante un espectrómetro magnético de doble brazo especialmente diseñado para detectar los “pares atómicos” ($Q < 3$ MeV/c) procedentes de la ionización del átomo en el propio blanco. El espectrómetro incluye un conjunto de detectores de posición, un imán y dos brazos telescópicos idénticos y proporciona una excelente resolución en la medida del momento relativo del orden de 1 MeV/c.

Pieza clave dentro de este dispositivo experimental es el detector de tiempo de vuelo² construido por el grupo de Altas Energías de la Univ. de Santiago de Compostela. Éste consiste en un sistema de dos hodoscopios de centelleo situados después del imán que cubren un área de 40×130 cm² en cada brazo del espectrómetro. Cada hodoscopio está formado por un conjunto de 18 contadores de centelleo (40cm x 7cm x 2cm) dispuestos verticalmente. Los dos extremos del centelleador (BC420) se conectan mediante una guía de luz de tipo cola de pez a un fotomultiplicador (Hamamatsu R1828-01) provisto de un divisor de voltaje, diseñado en la Univ. de Santiago de Compostela, que permite una operación estable hasta valores de la tasa de partículas del orden de 2×10^6 Hz.

La elección de cada uno de los componentes del detector ha sido meticulosamente estudiada con el fin de cumplir los objetivos marcados por el experimento: en primer lugar, proporcionar una coincidencia rápida entre los dos brazos del espectrómetro en el nivel 1 de *trigger* y participar en la selección de parejas con bajo momento relativo longitudinal en el nivel 3 de *trigger*; en segundo lugar identificar los pares accidentales (procedentes de interacciones p-N distintas) y reales (procedentes de la misma interacción p-N) y finalmente eliminar la contaminación de pares $\pi\pi$ en la muestra de interés formada por parejas $\pi^+\pi^-$ en el intervalo de momento comprendido entre 1 y 6 GeV/c. Este último punto impone estrictos requisitos sobre el funcionamiento del detector, en particular su resolución

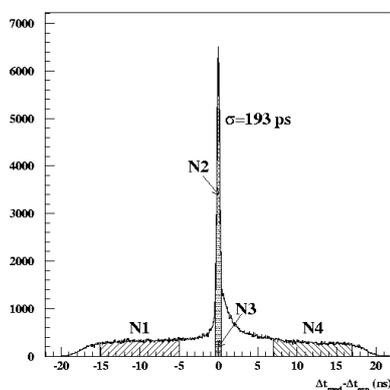


Figura 1. Distribución de diferencia de tiempo para pares de hadrones. El valor medido en los hodoscopios verticales ha sido corregido por la diferencia de tiempo de vuelo esperada utilizando hipótesis de masa de piones.

temporal debe ser inferior a 200 ps en la medida de diferencias de tiempo. Los datos obtenidos en el año 1999 con el *trigger* de calibración, que selecciona pares e^+e^- , han permitido calcular, después de un delicado proceso de alineamiento, la resolución intrínseca por contador que en promedio es de 127 ps. Este valor determina una resolución en la medida de diferencias de tiempo de 180 ps y convierte al detector de tiempo de vuelo de DIRAC en uno de los más precisos dentro de su clase en la actualidad.

El método empleado en DIRAC para la determinación del número de átomos observados requiere el conocimiento de la distribución de momento relativo tanto para pares reales como para pares accidentales. La identificación de ambas muestras se realiza a partir de la medida de diferencias de tiempo entre parejas de hadrones realizada por los hodoscopios verticales. En la Figura 1 se muestra la distribución de éstas obtenida después de corregir el valor medido por la diferencia de tiempo de vuelo esperada empleando hipótesis de masa $\pi^+\pi^-$ y se señalan los intervalos elegidos para la selección. El pico asociado a los sucesos reales, correlacionados temporalmente, se distingue claramente sobre el fondo uniforme de accidentales. La asimetría a la derecha del pico es debida a la contaminación de protones en la muestra de π^+ .

La separación de los pares $p\pi^-$ de la muestra de $\pi^+\pi^-$ reales se lleva a cabo empleando la técnica de identificación por diferencia de tiempo de vuelo que se ilustra en la Figura 2. La distribución 2-dimensional obtenida al estudiar la correlación entre las diferencias de tiempo medidas y el momento de la partícula positiva revela la existencia de dos bandas muy pronunciadas sobre el fondo de accidentales. La primera banda, centrada en cero independientemente del momento, identifica de forma obvia los sucesos $\pi^+\pi^-$. La identificación de los sucesos distribuidos en la segunda banda como parejas de $p\pi^-$ es sencilla si, como en el recuadro de la derecha, se comparan los resultados experimentales obtenidos con el valor esperado de la diferencia de tiempo de vuelo. Estableciendo un criterio de separación de 4σ , que proporciona un nivel de confianza del 95.5%, se fija un valor máximo del momento de 4.5 GeV/c para la separación de pares $\pi^+\pi^-$ y $p\pi^-$ en DIRAC.

El experimento DIRAC toma datos desde el año 1998. El análisis³ realizado hasta el momento ha evidenciado ya la detección de átomos piónicos.

Referencias

¹ B.Adeva et al., CERN/SPSLC 95-1 SPSLC/P 284 (1994).

² A.Rodríguez, El detector de tiempo de vuelo del experimento DIRAC, T.doctoral (2000)

³ B.Adeva et al., CERN/SPC 2000-032 SPSC/P284 Add.1 (2000)

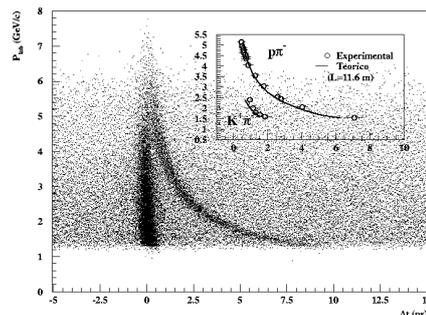


Figura 2. Correlación entre el momento en el sistema laboratorio de la partícula positiva y la diferencia de tiempo medida en los hodoscopios verticales.