

Observación de la partícula exótica $X(4140)$ en colisiones protón-protón: Un estudio en el detector CMS

Estudio de eventos y evidencias experimentales de partículas exóticas

María Isabel Pedraza Morales¹ & Jesse Moisés Carrillo Onchi¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

9 de diciembre de 2024



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



Esta presentación aborda el análisis del estado exótico $X(4140)$, una partícula de gran interés en la física de altas energías debido a sus propiedades inusuales y su posible estructura multiquark. A partir de los datos registrados en el experimento CMS del CERN y en otros experimentos, se discutirán los métodos y criterios empleados para identificar los eventos asociados con esta partícula, resaltando el papel de los diversos detectores del CMS en su detección. También se examinarán las características clave observadas $X(4140)$, junto con diagramas de Feynman que detallan sus posibles canales de producción y decaimiento, para proporcionar una comprensión más completa de los procesos físicos involucrados en su estudio.



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



La partícula $X(4140)$

La partícula $X(4140)$ tiene una masa de $4146.8 \pm 2.5 \text{ MeV}/c^2$ [1], lo que la sitúa en una región de alta energía. Su principal modo de decaimiento es $X(4140) \rightarrow J/\psi \phi$, donde el mesón J/ψ se desintegra en un par de muones ($\mu^+ \mu^-$) y el mesón ϕ decae en kaones ($K^+ K^-$). Este comportamiento la convierte en una candidata interesante para estudios de partículas exóticas, ya que su naturaleza no encaja con la descripción estándar de mesones, que están formados por un par de quark-antiquark.

Por tal motivo, $X(4140)$ es considerada una partícula exótica debido a su posible composición, que podría ser un tetraquark formado por dos quarks charm (c) y dos quarks strange (s), o una molécula hadrónica, compuesta por mesones D_s^+ y D_s^- ligados por interacciones residuales fuertes. Estas interpretaciones abren nuevas perspectivas en la teoría de la cromodinámica cuántica (QCD), ya que la existencia de partículas con más de dos quarks desafía el modelo tradicional de hadrones.



La partícula $X(4140)$

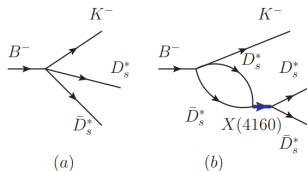


Figure 2. Mechanism for $B^- \rightarrow K^- D_s^* \bar{D}_s^*$ in the presence of the $X(4160)$ resonance.

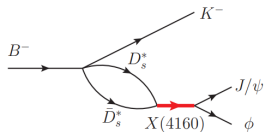


Figure 3. Mechanism for $B^- \rightarrow K^- J/\psi \phi$ driven by the $X(4160)$ resonance.

Figura 1: Diagrama de la producción de la partícula $X(4160)$ y su mecanismo de decaimiento posterior. Ref[4].



La partícula $X(4140)$

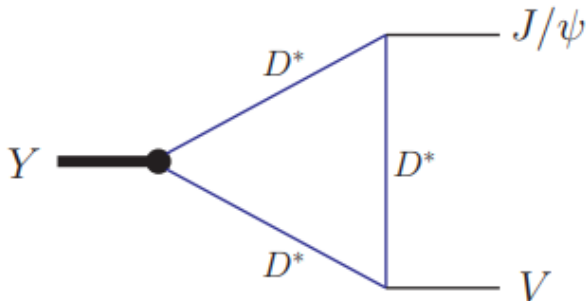


Figura 2: Diagrama que describe el decaimiento $Y \rightarrow J/\psi V$. Ref[2].



La partícula $X(4140)$

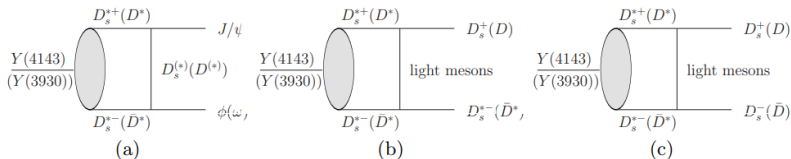


Figura 3: Diagrama de rescattering para los decaimientos de charm oculto y abierto de $Y(4143)$ y $Y(3930)$. Ref[3].



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$

En el experimento CMS del CERN, la partícula $X(4140)$ se genera mediante colisiones de protones en el LHC, donde quarks y gluones interactúan formando estados exóticos como posibles tetraquarks. Estos eventos se simulan mediante programas de Monte Carlo para identificar patrones que diferencian los eventos de interés del fondo. La información capturada por los detectores del CMS sobre las trayectorias, momentos y energías de las partículas resultantes permite reconstruir el evento y buscar indicios del $X(4140)$.

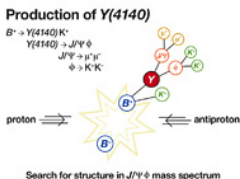


Figura 4: Producción de $X(4140)$ mediante colisiones p-p.

https://www.fnal.gov/pub/presspass/press_releases/Y-particle-20090318-images.html



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS**
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



Indicios para la identificación de una nueva partícula

La identificación de una nueva partícula en experimentos como los realizados en el LHC se basa en varios indicios clave observados en los eventos de colisión. Uno de los primeros pasos es el análisis de las masas invariante y de los espectros de decaimiento, ya que una partícula exótica suele manifestarse en picos o anomalías en estos espectros. Además, se examinan los modos de decaimiento característicos, como la producción de partículas específicas en ciertos canales. La distribución angular de las partículas resultantes también es un factor crucial, ya que puede proporcionar información sobre la naturaleza de la interacción y la configuración de la nueva partícula. Finalmente, la compatibilidad de estos resultados con predicciones teóricas, como los modelos de quarks y gluones, ayuda a confirmar la existencia de la partícula, lo que se complementa con la identificación en diferentes detectores del experimento, como los de muones, calorímetros y detectores de trazas.



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión**
- 7 Bibliografía



La observación de partículas exóticas como el $X(4140)$ en colisiones protón-protón en el CMS proporciona una perspectiva única sobre los estados de multiquarks y los procesos de hadronización en la física de altas energías. Mediante el análisis de datos experimentales y el uso de detectores avanzados, estos estudios permiten explorar interacciones fundamentales y contribuyen a una comprensión más profunda de la estructura de la materia y de la teoría de la cromodinámica cuántica.



- 1 Introducción
- 2 La partícula $X(4140)$
- 3 Interacción y generación de eventos para la detección de $X(4140)$
- 4 Detección de la partícula $X(4140)$ en el CMS
- 5 Indicios para la identificación de una nueva partícula
- 6 Conclusión
- 7 Bibliografía



- ① C. Patrignani et al. (Particle Data Group), Chin. Phys. C, 40, 100001 (2016) and 2017 update.
- ② Branz, T., Gutsche, T., Lyubovitskij, V. E. (2009). Hadronic molecule structure of the $Y(3940)$ and $Y(4140)$. Physical Review D—Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology, 80(5), 054019.
- ③ Liu, X., Zhu, S. L. (2009). $Y(4143)$ is probably a molecular partner of $Y(3930)$. Physical Review D—Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology, 80(1), 017502.
- ④ Oset, E., Wang, E., Xie, J. J., Geng, L. S., Debastiani, V. R., Dias, J. M., Liang, W. H. (2019). Tetra and pentaquarks from the molecular perspective. In EPJ Web of Conferences (Vol. 199, p. 01003). EDP Sciences.

