

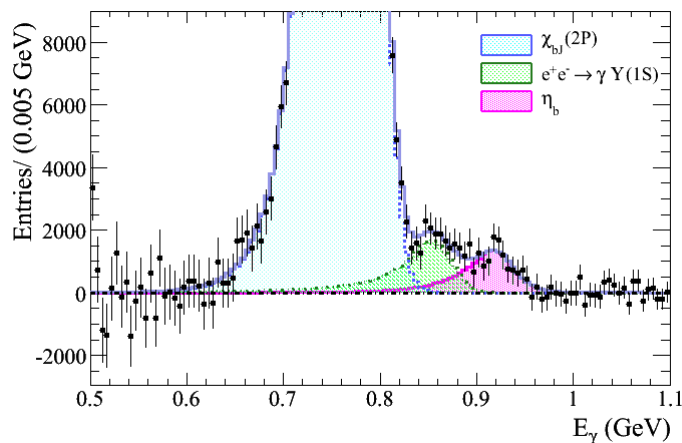
Observación del estado fundamental del “bottomonium”, η_b – IFIC

En julio de 2008, la Colaboración Internacional BABAR de la Factoría de mesones B de SLAC (California, EEUU), en la que participan investigadores del IFIC, detectó y midió por primera vez la partícula de menor energía de la familia del “bottomonium”, la denominada partícula η_b .

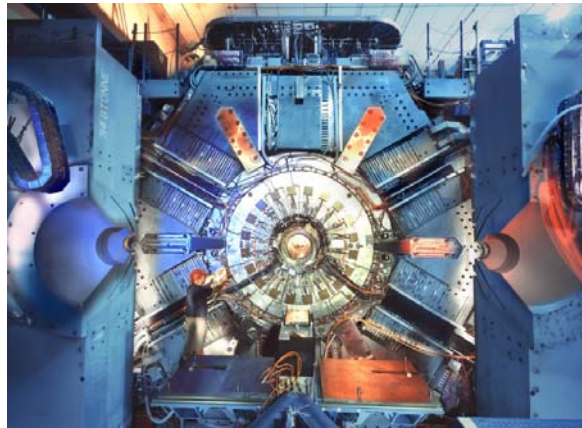
Cuando un quark “bottom” y su réplica de antimateria (“anti-bottom”) se unen por medio de la fuerza fuerte, forman un “átomo” de quarks, de modo muy similar a como la unión entre un electrón y un protón por medio de la interacción electromagnética forma un átomo de hidrógeno. Este “átomo” de quarks

bottom, la η_b , puede excitarse para alcanzar estados de mayor energía (conocidos como resonancias), desde el primero, llamado $\Upsilon(1S)$, hasta estados de energía cada vez mayor, $\chi_{bj}(1P)$ (con $J=0,1,2$), $\Upsilon(2S)$, $\chi_{bj}(2P)$, $\Upsilon(3S)$, $\Upsilon(4S)$, y así sucesivamente. Lo que hace diferente la partícula η_b de la resonancia $\Upsilon(1S)$ es el papel que juega el espín en la interacción de los quarks, que introduce una diferencia muy pequeña en la energía de los estados que constituyen estas partículas. Esta pequeña separación, conocida como “desdoblamiento hiperfino” (“hyperfine splitting” en inglés), ya ha sido observada en otros sistemas (atómicos, nucleares y sistemas con el quark “charm”), pero es la primera vez que se observa en el sistema de quarks bottom.

Las resonancias $\Upsilon(ns)$, $n=1,2,3,\dots$ fueron descubiertas hace más de 30 años, en los años setenta. Sin embargo, el pequeño desdoblamiento hiperfino (entorno a un 7 por mil de la masa de la partícula η_b), junto con los elevados niveles de ruido de fondo, han hecho de la observación de la η_b un reto. Para su detección, la Colaboración BABAR ha acumulado una muestra de más de 100 millones de sucesos en los que la colisión de un electrón y un positrón crea un estado $\Upsilon(3S)$, el cual se desintegra emitiendo un rayo gamma al estado fundamental η_b , el cual a su vez se desintegra en más partículas. Esto ha sido posible gracias a la elevada luminosidad del colisionador PEP-II de SLAC así como la alta resolución del detector BABAR.



Espectro inclusivo de rayos gamma procedentes de la desintegración de estados $\Upsilon(3S)$ producidos en las colisiones electrón-positrón, que da lugar al estado fundamental η_b , en presencia del ruido de fondo debido a los estados excitados del bottomonium $\Upsilon(1S)$ y $\chi_{bj}(2P)$.

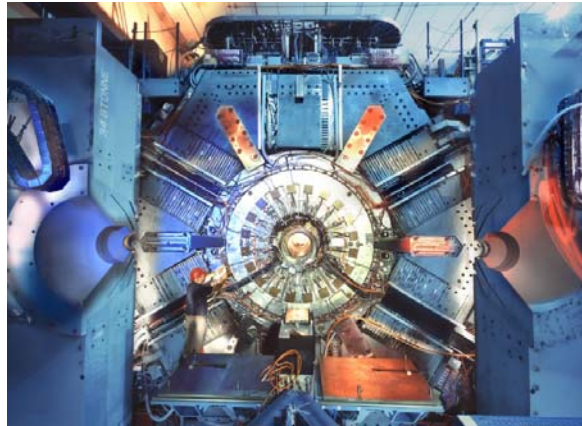


El detector BABAR de SLAC.

La observación del estado fundamental y la medida del desdoblamiento hiperfino de la familia del bottomonium ha sido publicado en *Phys. Rev. Lett.* **101**, 071801 (2008), y permitirá mejorar nuestra comprensión de la teoría de las interacciones fuertes, la denominada Cromodinámica Cuántica (QCD).

Observation of the “bottomonium” ground state, η_b – IFIC

In July 2008, the BABAR International Collaboration at the SLAC B-meson Factory (California, USA), in which researchers from the IFIC are participating, detected and measured for the first time the lowest energy particle of the “bottomonium” family, the so-called η_b particle.

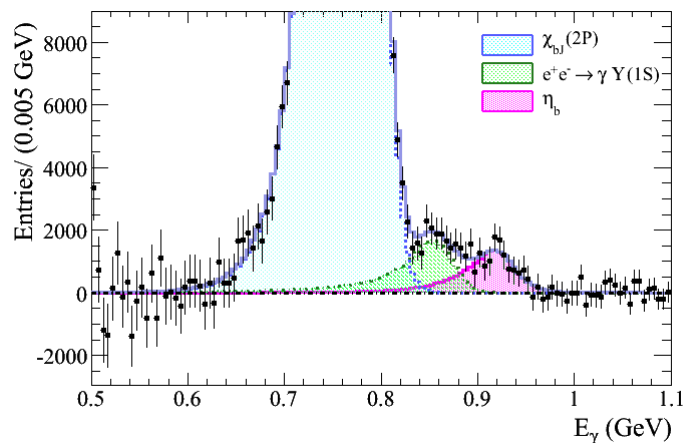


The BABAR detector at SLAC.

When a “bottom” quark and its antimatter partner (“anti-bottom”) are pulled together by the strong force, they form a quark “atom”, much like an electron and a proton come together under the electromagnetic force to create a hydrogen atom. This bottom quark

“atom”, the η_b , can be excited to higher-energy states (known as resonances), from the first excited state, called $\Upsilon(1S)$, to even higher-energy states, $\chi_{bj}(1P)$ (with $J=0,1,2$), $\Upsilon(2S)$, $\chi_{bj}(2P)$, $\Upsilon(3S)$, $\Upsilon(4S)$, and so on. What makes different the η_b particle with respect to the $\Upsilon(1S)$ resonance is the role of spin in quark interactions, which introduces a very slight difference in energy between these particles. This slight split, known as “hyperfine splitting”, has been seen in other systems before (atomic, nuclear and “charm” quark systems), but this is the first time it is observed in the bottom quark system.

The $\Upsilon(ns)$, $n=1,2,3,\dots$ resonances were discovered over 30 years ago, in the seventies. However, the smallness of the hyperfine splitting (about 7 per mille of the η_b mass), together with the high levels of background noise, have made the η_b observation particularly challenging. To make this detection, the BABAR Collaboration gathered a very large sample of more than 100 million events in which the collision of an electron and a positron creates a $\Upsilon(3S)$ state that in turn decays by emitting a gamma ray, leaving behind the η_b ground state, which then decayed into still more particles. This has been possible due to the high luminosity of the PEP-II collider at SLAC and the high resolution of the BABAR detector.



The observation of the ground state and the measurement of the hyperfine splitting of the bottomonium system has been published in *Phys. Rev. Lett.* **101**, 071801 (2008), and will have an important impact on our understanding of the theory of strong interactions, the so-called Quantum Chromodynamics (QCD).

Inclusive gamma ray spectrum from $\Upsilon(3S)$ decays produced in the electron-positron collisions, leaving behind the η_b ground state, with the presence of the background noise from $\Upsilon(1S)$ and $\chi_{bj}(2P)$ excited states.