

วิริยะ เรื่องอยู่ :  $P_c$  ในรูปแบบการจำลองแบบเพนตะควาร์ก ( $P_c$  IN THE PENTAQUARK PICTURE) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อายุทศ ลิมพิรัตน์, 68 หน้า

จากการตรวจพบเพนตะควาร์กโดย LHCb นักฟิสิกส์จึงพยายามที่จะอธิบายโครงสร้างภายในและความเป็นไปได้ของกระบวนการสลายตัว รวมไปถึงเลขควอนตัมที่เป็นไปได้ของเพนตะควาร์ก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้สร้างฟังก์ชันคลื่นของเพนตะควาร์กโดยใช้แบบจำลองควาร์กภายใต้สมมุติฐานว่า เพนตะควาร์กที่ตรวจพบเป็นอนุภาคเพนตะควาร์กแท้ โดยสร้างจากฟังก์ชันคลื่นที่ประกอบด้วย 3 ควาร์กเบา และคู่ควาร์ก-ปฏิควาร์กหนัก จากเงื่อนไขฟังก์ชันคลื่นของสีในแต่ละอนุภาคจะต้องมีการจัดเรียงแบบซิงเกิลต (Color singlet) ซึ่งพบว่าเพนตะควาร์กมีจัดเรียงของสีสองความเป็นไปได้คือ ซิงเกิลต-ซิงเกิลต ( $[111]_{qqq} \otimes [111]_{cc}$ ) และออกเตต-ออกเตต ( $[21]_{qqq} \otimes [21]_{cc}$ ) ทั้งนี้จะได้ฟังก์ชันคลื่นของเพนตะควาร์กที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 17 สถานะ ที่นำไปคำนวณหาแอมพลิจูดการเปลี่ยนผ่านและอัตราส่วนความกว้างการสลายของอนุภาคระหว่างเพนตะควาร์กและสถานะการสลายตัวของอนุภาคสุดท้ายที่เป็นไปได้ จากการคำนวณพบว่าช่องทางการสลายตัวของ  $pJ/\psi$  มีค่าความกว้างการสลายตัวมากกว่าช่องทางการสลายตัวอื่นๆ อีกทั้งอัตราส่วนความกว้างการสลายตัว แสดงให้เห็นว่า หากสถานะของเพนตะควาร์กไม่มีการผสมสถานะในเลขควอนตัมเดียวกัน ทั้งสถานะ  $I = \frac{1}{2}$  และ  $J = \frac{3}{2}$  และสถานะ  $I = \frac{1}{2}$  และ  $J = \frac{1}{2}$  จะมีค่าการสลายตัวของอนุภาคที่เกิดในช่องทางของ  $pJ/\psi$  เท่ากัน ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า  $P_c(4440)$  อาจไม่ใช่โครงสร้างแบบเพนตะควาร์กแท้ เนื่องจากความกว้างของการสลายตัวที่วัดได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่าเพนตะควาร์กอื่น ๆ มาก อีกทั้งยังบ่งชี้ให้เห็นอีกว่า  $P_c(4312)$  มีความเป็นไปได้ที่จะมีค่าของสปินเท่ากับ  $\frac{1}{2}$  ในขณะที่สปินเท่ากับ  $\frac{3}{2}$  อาจเป็นไปได้ที่จะกำหนดให้เป็น  $P_c(4457)$  ตามคำแนะนำของ LHCb วิทยานิพนธ์นี้ยังได้การสร้างสถานะของเพนตะควาร์กที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้ทฤษฎีกลุ่มและสถานะของเพนตะควาร์กในช่องทางการสลายตัวอื่น ๆ ซึ่งผลการทดลองนี้จะได้รับการตรวจพบและยืนยันด้วยผลการทดลองในอนาคต

สาขาวิชาฟิสิกส์  
ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนักศึกษา วิริยะ ธีรอนันต์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อายุทศ ลิมพิรัตน์  
ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม Yupang Yan  
ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม Chia Chun Chen

WIRIYA RUANGYOO :  $P_c$  IN THE PENTAQUARK PICTURE

ADVISOR : ASST. PROF. AYUT LIMPHIRAT, Ph.D. 68 PP.

PENTAQUARK/ QUARK MODEL/ PARTIAL WIDTH RATIO

Since the pentaquark discovery in the LHCb collaboration, physicists have tried to describe its structure and possible decay processes, resulting in the determination of the quantum numbers of the pentaquark. In this research, we constructed the pentaquark wave functions by using the quark model under the compact pentaquark picture. The wave function was derived from the combination of 3 light quarks and heavy quark-antiquark pair ( $c\bar{c}$ ). There are two possible color singlets for pentaquarks, which are the combination of color singlet-singlet ( $[111]_{qqq} \otimes [111]_{c\bar{c}}$ ) and color octet-octet ( $[21]_{qqq} \otimes [21]_{c\bar{c}}$ ). The possible pentaquark configurations can be in 17 states. The transition amplitudes and partial width ratios were calculated between the pentaquark states and the possible decay channel states. We found that the decay channels  $pJ/\psi$  remained dominant when compared with other decay channels. Meanwhile, the partial width ratio showed that if there is no mixing among the  $I = \frac{1}{2}$  and  $J = \frac{3}{2}$  states as well as among the  $I = \frac{1}{2}$  and  $J = \frac{1}{2}$  states, the two states in  $pJ/\psi$  channel have the same decay widths, which indicates that  $P_c(4440)$  may not be a compact pentaquark state since its decay width is much larger than others. Our results suggested that  $P_c(4312)$  might be a spin- $\frac{1}{2}$  particle while the spin- $\frac{3}{2}$  may be assigned to  $P_c(4457)$ . Moreover, this work constructs all possible pentaquark states by using group theory, and the pentaquark states in other decay channels discussed in this thesis can be possibly searched and confirmed in the future.

School of Physics

Academic Year 2020

Student's Signature



Advisor's Signature



Co-advisor's Signature



Co-advisor's Signature

