



246393



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยสหสัมพันธ์ในทฤษฎีสนามควอนตัมและฟิสิกส์พลังงานสูง

โดย นาย นันทพงษ์ ยงรัมย์

600251231

246393

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



246393

สัญญาเลขที่ MRG5080288

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยสหสัมพันธ์ในทฤษฎีสนามควอนตัม และฟิสิกส์พลังงานสูง

นักพนธ์ ยงรัมย์



หน่วยวิจัยฟิสิกส์รากฐานและจักรวาลวิทยา
สถาบันสำนักรเรียนท่าโพธิ์สำหรับฟิสิกส์ทฤษฎีและจักรวาลวิทยา
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับการสนับสนุนด้านงบประมาณและสถานที่ในการทำการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Professor Edouard B. Manoukian (previously at Suranaree University of Technology, Thailand) Dr. Suppiya Siranan (Rajamangala University of Technology Isan) และสมาชิกทาปาเอียนของสถาบันนักเรียนท่าโพธิ์สำหรับฟิสิกส์ทฤษฎีและจักรวาลวิทยา สำหรับการสนับสนุนด้านวิชาการ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร. นรินทร์ กำจัดภัย (สถาบันนักเรียนท่าโพธิ์สำหรับฟิสิกส์ทฤษฎีและจักรวาลวิทยา, มหาวิทยาลัยนเรศวร) อาจารย์ชาญกิจ คั่นฉ่อง (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) สำหรับการสนับสนุนด้านการร่วมจัดกิจกรรมทางวิชาการ

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5080288

ชื่อโครงการ: สหสัมพันธ์ในทฤษฎีสนามควอนตัมและฟิสิกส์พลังงานสูง

ชื่อนักวิจัย: ดร. นัฏพงษ์ ขงรัมย์

สถาบันสำนักเรียนทำโพธิ์สำหรับฟิสิกส์ทฤษฎีและจักรวาลวิทยา
ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

E-mail address: nattapong@nu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี และขยายเวลาอีก 1 ปี (พ.ศ. 2550- พ.ศ. 2553)

246393

การคำนวณที่แม่นยำถูกนำมาใช้ในสหสัมพันธ์โพลาไรเซชันของการวัดพร้อมกันของสปินของอนุภาคกำเนิดในกระบวนการมูลฐานโดยตรงจากทฤษฎีสนามควอนตัมที่ซึ่งปรากฏภายหลังจากการขยายควอนตัมฟิสิกส์ไปสู่ขอบเขตสัมพัทธภาพพลังงานสูงของอนุภาคมูลฐาน กระบวนการที่พิจารณาได้แก่ คู่อิเล็กตรอน-โพสิตรอน ในการชนการแบบยืดหยุ่นของคู่อิเล็กตรอน-โพสิตรอนและการชนกันของคูโฟตอนในพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม (QED) สมการที่แม่นยำของสหสัมพันธ์โพลาไรเซชันเหล่านี้ (สืบเนื่องจากการคำนวณเชิงพลวัตไม่มีการคาดเดาเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐานใดๆ) พบว่าขึ้นอยู่กับการพลังงาน (อัตราเร็ว) ของอนุภาคตั้งต้นในกระบวนการสมการเหล่านี้ไม่เหมือนกับการพิจารณาอย่างพาหะของรวมกันอย่างง่ายของสปินของอนุภาค ในการตั้งคำถามซึ่งเป็นลักษณะของเชิงจลนศาสตร์สำหรับอัตราเร็วต่ำสมการจากทฤษฎีให้ผลเหมือนผลจากการรวมสปินอนุภาคโดยตรง กรณีค่าพลังงานขีดเริ่มที่ต้องใช้ในการสร้างคู่อิเล็กตรอน-โพสิตรอนของการชนกันของคูโฟตอน (อัตราเร็วขีดเริ่มที่ต้องใช้ในการทำให้เกิดอนุภาคที่มีอัตราเร็วต่ำใกล้ศูนย์ที่ได้จากความสัมพัทธ์เป็นศูนย์ไม่ได้และการโต้แย้งอย่างเป็นทางการบนพื้นฐานการรวมสปินอย่างเดียว) เหมือนกับที่มีการใช้ในกระบวนการอื่นมานานหลายปี ล้มเหลวโดยสิ้นเชิง สมการสหสัมพันธ์โพลาไรเซชันที่ได้แสดงให้เห็นการละเมิดอย่างชัดเจนเมื่อทดสอบตามวิธีการทดสอบของเบลล์ เราหวังว่าสมการสำหรับคำนวณค่าสหสัมพันธ์โพลาไรเซชันที่เราได้เหล่านี้จะชี้ให้เห็นแนวคิดของการทดสอบแบบใหม่คล้ายการทดสอบของเบลล์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการชี้วัดอัตราเร็วและการสำรวจขอบเขตที่ต้องใช้สัมพัทธภาพพลังงานสูง สมการทั้งหมดของสหสัมพันธ์โพลาไรเซชันที่ได้เป็นสิ่งใหม่และตีพิมพ์แล้วเมื่อเร็ว ๆ นี้

คำหลัก: ทฤษฎีสนามควอนตัม ฟิสิกส์พลังงานสูง ทฤษฎีเกจ พลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม ทฤษฎีของเบลล์ ทฤษฎีรวมไฟฟ้าอย่างอ่อนของไวน์เบิร์ก-ซาลาม ทฤษฎีสตริง กระบวนการมูลฐาน สหสัมพันธ์โพลาไรเซชัน การทดสอบของเบลล์

Abstract

Project Code: MRG5080288
Project Title: Correlations in quantum field theory and high-energy physics
Investigator: Dr. Nattapong Yongram
The Tah Poe Academia Institute for Theoretical Physics & Cosmology
Department of Physics, Naresuan University
E-mail address: nattapongy@nu.ac.th
Project Period: 2 years and extending 1 year (2007-2010)

246393

Explicit computations are carried out of polarization correlations of simultaneous measurements of spins of pair particles produced in fundamental processes directly from quantum field theory where the latter emerges from extending quantum physics to the high-energy relativistic regime of elementary particles. The processes considered are that of e^+e^- in elastic e^+e^- scattering as well as two colliding photons in quantum electrodynamics (QED). The explicit expressions of these polarization correlations, follow from these *dynamical* computations are non-speculative involving no arbitrary input assumptions, are seen to depend on *energy* (speed) in processes. These are unlike naïve considerations of simply combining the spins of the particles in question which are of kinematical nature. In the limit of zero speeds, the QED expressions are shown to reduce to the naïve ones just mentioned. As a threshold energy is needed to create the e^+e^- pair productions in two colliding photons, the speed zero limit of the corresponding expression *cannot* be taken to zero and formal arguments based on combining spins only, as done for other processes for years, completely fail. It is remarkable that the remarkable that these expressions for the polarization correlations show clear violations of Bell's test. As we have *explicit* expressions for the correlations, we hope that they will lead to new experiments in the light of Bell-like tests which monitor speed and explore the high-energy relativistic regime. All of the expressions of the polarization correlations derived are novel and have been recently published.

Keywords: Quantum Field Theory, High-Energy Physics, Gauge Theories, Quantum Electrodynamics, Weinberg—Salam Unified Electroweak Theory, Strings Theory, Fundamental Processes, Polarization Correlations, Bell-Like Experiments

สารบัญ

1	บทนำ	1
2	กระบวนการมูลฐานในทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม	4
2.1	กระบวนการการกระเจิงแบบ Bhabha ในควิอีดี	4
2.2	กระบวนการผลิตคู่อิเล็กตรอน-โพสิตรอนในควิอีดี	8
3	กระบวนการมูลฐานในทฤษฎีสมมาตรยิ่งยวดควอนตัมอิเล็กโตรไดนามิกส์	13
3.1	Schwinger-Feynman Rules Using Functional Derivatives	15
3.2	กระเจิงอิเล็กตรอน-อิเล็กตรอน($e^-e^- \rightarrow e^-e^-$) ในอันดับที่ 4 ของ g_0 และ แผนภาพไฟน์แมน	16
4	สหสัมพันธ์ของสปีนในการกระเจิงแบบยืดหยุ่นของ e^+e^- ใน QED	24
4.1	สหสัมพันธ์สปีน; อนุภาคตั้งต้นมีโพราไรเซชันแบบโพราไรซ์	25
4.2	สหสัมพันธ์สปีน; อนุภาคตั้งต้นมีโพราไรเซชันแบบไม่โพราไรซ์	28
4.3	สรุป	30
5	สหสัมพันธ์ของสปีนในคู่กำเนิด e^+e^- จากคูโฟตอนและความพัวพันใน QED	32
5.1	สหสัมพันธ์ของโพราไรเซชันในกระบวนการ BREIT-WHEELER	36
5.1.1	โฟตอนตั้งต้นแบบโพราไรซ์เชิงเส้น	36
5.1.2	โฟตอนตั้งต้นที่มีโพราไรซ์วงกลม	37
5.1.3	โฟตอนตั้งต้นมีโพราไรซ์แบบไม่โพราไรซ์	38
5.2	การจำลองและการอภิปราย	39
5.3	สรุป	43
6	บทสรุปและวิจารณ์	46
ก	ผลผลิตของโครงการ	51
ก.1	ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ	51
ก.2	การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในเชิงวิชาการ	51

ก.2.1	การสร้างนักวิจัยใหม่	51
ก.2.2	การพัฒนาการเรียนการสอนและการสร้างกลุ่มวิจัย	52
ก.3	ผลผลิตของโครงการด้านอื่นๆ	52
ก.3.1	การเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการและการบรรยายสัมมนาภายนอก .	52
ข	re-print บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ใน refereed journal	53