

ศุภปิยะ สิริระนนท์ : ความสลับซับซ้อนของพลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัมแบบสมมาตร
ยวดยิ่ง (INTRICACIES OF SUPERSYMMETRIC QUANTUM
ELECTRODYNAMICS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. เอ็ดเวิร์ด มานูเกียน,
195 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระเบียบวิธีแบบสมมาตรยวดยิ่ง ในพลศาสตร์
ไฟฟ้าควอนตัมของระบบหลายอนุภาคในฟิสิกส์ควอนตัม และของพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัม
แบบสมมาตรยวดยิ่ง ในรูป นัย นิยมเชิงอนุพันธ์ ฟังก์ชัน นัล ของ ทฤษฎีสนามควอนตัม ใน
การปรากฏของสนามไม้อิสระ การเบี่ยงเบนที่สลับซับซ้อนในรายละเอียดของหลักเชิงพลวัต
ควอนตัมในการปรากฏของสนามไม้อิสระ ได้ถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้จัดการกับพลศาสตร์ไฟฟ้า
ควอนตัมแบบสมมาตรยวดยิ่ง ซึ่งสนามไม้อิสระจำเป็นต้องเกิดขึ้น อันเป็นผลมาจากเงื่อนไขบังคับ
เกจ ผลการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีแบบสมมาตรยวดยิ่ง ขอบเขตล่างอย่างเคร่งครัดของพลังงาน
สถานะพื้นของพลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัม ของระบบหลายอนุภาค โบซอนที่มีประจุในฟิสิกส์
ควอนตัม ได้ถูกเขียนขึ้น และพบว่า เป็นฟังก์ชันของจำนวนอนุภาคที่มีประจุลบ หลักเชิงพลวัต
ควอนตัม ได้ถูกใช้ ในการวิเคราะห์ปัญหาเกจอย่างเป็นระบบ ในพลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัมที่
เกี่ยวข้องกับ เกจแบบคูลอมบ์ เกจแบบฟอกซ์-ชวิงเงอร์ เกจแบบตามแกน และเกจแบบโควา
เรียนต์อื่นๆ เริ่มต้นจากลากรางเจียนของพลศาสตร์ไฟฟ้าควอนตัมแบบสมมาตรยวดยิ่งที่เสนอ
โดยเวสส์และซูมิโน หลักเชิงพลวัตควอนตัม ได้ถูกใช้เขียนนิพจน์ชัดแจ้งสำหรับแอมพลิจูดการ
เปลี่ยนสถานะ สุญญากาศไปสู่สุญญากาศของทฤษฎี เป็นการดำเนินการหาอนุพันธ์ฟังก์ชันนัล
ต่อ ฟังก์ชันนัลชัดแจ้งที่บรรยายการแผ่ของอนุภาคและคู่ยวดยิ่งของมันระหว่าง ตัวปล่อยและตัว
ตรวจหาซึ่งแทนด้วยแหล่งต้นทางภายนอก ผลการประยุกต์ แอมพลิจูดการกระเจิงของอิเล็กตรอน
กับโพสิตรอนไปสู่โฟติโนและแอนติโฟติโน และแอมพลิจูดของพลังงานตัวเองของอิเล็กตรอน
ได้ถูกเขียนขึ้นถึงอันดับนำ แอมพลิจูดของพลังงานตัวเองของอิเล็กตรอนเกี่ยวข้องกับแผนภาพ
เพิ่มเติมจาก กรณิพลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัมเดี่ยวๆ ที่สุดแล้วเราได้แสดงให้เห็นว่า ค่าคงตัวรี
นอร์มัลไลเซชันของฟังก์ชันคลื่น Z_2 มีค่าจำกัดถึงอันดับนำ ในเกจแบบแลนเดา เหมือนกับกรณิ
พลศาสตร์ไฟฟ้าเชิงควอนตัมเดี่ยวๆ นัยยะของผลลัพธ์ในทฤษฎีสมมาตรยวดยิ่งแบบเต็มๆ กรณิ
ไร้มวลที่พลังงานสูง และความสอดคล้องภายในของมัน ได้ถูกเน้นย้ำ เหตุผลคือมันได้เปิดประตูสู่
การศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณที่ไม่แปรเปลี่ยนเกจอันดับต่ออันดับ อันนำมาซึ่งผลลัพธ์ ใน

ทฤษฎีสมมาตรยวดยิ่งเต็มรูปแบบกรณีไร้มวลที่พลังงานสูง และความสอดคล้องภายในของมัน ได้ถูกเน้นย้ำ มันได้เปิดวิถีในการศึกษา ปริมาณ *ไม่แปรเปลี่ยน* เกจ อันดับต่ออันดับในทฤษฎีเต็มรูปแบบในย่านพลังงานสูงไร้มวล เมื่อมวลหรือมาตราพลังงาน ไม่มีความสำคัญโดยการเลือกเกจที่เหมาะสมอันดับต่ออันดับซึ่ง นิพจน์ที่สมนัยมีค่าจำกัดอันดับต่ออันดับและไม่มีความกำกวมในการตัดออกของพจน์ อนันต์ที่มีเครื่องหมายตรงข้ามกัน กลุ่มสมมาตรยวดยิ่งของอนุภาคที่สังเกตได้ ให้ค่าตรวจแก้แบบปล่อยรังสีไม่ชัดเป็นเส้นภายในของกระบวนการ โดยที่เส้นภายนอก สมนัยกับอนุภาคที่สังเกตได้ และการดัดแปลงผลลัพธ์ในพลศาสตร์อาจไม่จำเป็นที่จะละเอียดและอาจทดสอบได้โดยการทดลองทางอ้อม

SUPPIYA SIRANAN : INTRICACIES OF SUPERSYMMETRIC
QUANTUM ELECTRODYNAMICS. THESIS ADVISOR :
PROF. EDOUARD B. MANOUKIAN, Ph.D. 195 PP.

QUANTUM ELECTRODYNAMICS / QUANTUM ELECTRODYNAMICS OF
MANY-PARTICLE SYSTEMS / SUPERSYMMETRIC METHODS / GAUGE THE-
ORIES / GAUGE TRANSFORMATIONS / RENORMALIZATION CONSTANTS /
FUNCTIONAL DIFFERENTIAL FORMALISM OF QUANTUM FIELD THEORY.

This thesis is involved with extensive analyses of supersymmetric methods in the quantum electrodynamics of many-particle systems in quantum physics and of supersymmetric quantum electrodynamics working in the functional *differential* formalism of quantum field theory in the presence of dependent fields. A detail intricate deviation of the Quantum Dynamical Principle is derived in the presence of dependent fields tailored made to handle supersymmetric quantum electrodynamics in which dependent fields necessarily arise as a consequence of a gauge constraint. As an application of supersymmetric methods, a rigorous lower bound is derived for the ground-state energy of the quantum electrodynamics of charged many-particle systems of bosonic type in quantum physics as a function of the number of the negatively charged particles. The Quantum Dynamical Principle is then used to carry out a systematic analysis of the gauge problem in quantum electrodynamics dealing with the Coulomb gauge, the Fock–Schwinger gauge, the axial gauge and *all* covariant gauges. Starting from the Lagrangian proposed by Wess and Zumino for supersymmetric quantum electrodynamics, the Quantum Dynamical Principle thus derived is used to obtain the explicit expression for the vacuum-to-vacuum transition amplitude of the theory as a functional derivative operation applied to an exact functional describing the propagation of the particles and their superpartners between emitters and detectors represented by external sources.

As applications, the scattering amplitude of the process electron–positron to photino–photino is derived to the leading order, as well as of the self-energy of the electron. The latter involves additional diagrams to the one in pure quantum electrodynamics. We finally show that the wave-function renormalization constant Z_2 is finite in the Landau gauge, to the leading order, as it is in pure quantum electrodynamics. The implication of the result in the high-energy massless full supersymmetric theory and of its internal consistency is to be stressed. The reason is that it opens the way to study, in particular, gauge *invariant* quantities order by order in the full theory in the massless high-energy regime where the mass, providing an energy scale, becomes unimportant by working appropriately in a gauge chosen consistently order by order so that their corresponding expressions are finite order by order and no ambiguous cancellation of infinite terms of opposite sign arise. Finally, it is worth emphasizing that the supersymmetric partners of observed particles provide, in particular, non-trivial radiative corrections as internal lines of processes with external lines corresponding to observed particles and the resulting modifications in the dynamics may not necessarily be omitted on physical grounds and may, hopefully, be thus tested in experiments perhaps indirectly.

School of Physics

Student's Signature _____

Academic Year 2008

Advisor's Signature _____