เสกสรร สุขะเสนา : วิถีปิดของเวลาในฟิสิกส์ควอนตัมและทฤษฎีสนามควอนตัม (CLOSED–TIME PATH IN QUANTUM PHYSICS AND QUANTUM FIELD THEORY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. เอ็ดเวิร์ด มานูเกียน, 220 หน้า.

หลังจากแสดงที่มาอย่างชัดแจ้งของสูตรสำหรับวิถีปิดของเวลา โดยการใช้หลักพลศาสตร์ควอนตัม โดยการคำนวณหาค่าคาดหมายและค่าความน่าจะเป็นโดยตรงจากหลักดังกล่าว ได้ศึกษากรณีเฉพาะซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอย่างทันใดสำหรับพลศาสตร์จากด้านบวกไปยังด้านลบของเวลา การวิเคราะห์ทำอย่างเป็นระบบเพื่อคำนวณหาค่าคาดหมายในฟิสิกส์ควอนตัมและในทฤษฎีสนามควอนตัม โดยวิธีปฏิบัติการโดยใช้อนุพันธ์เชิงฟังก์ชันซึ่งบุกเบิกโดยชวิงเกอร์ ในฟิสิกส์ควอนตัมวิธีปฏิบัติการโดยใช้อนุพันธ์เชิงฟังก์ชันได้ถูกพัฒนาผ่านหลักพลศาสตร์ควอนตัมและใช้กับระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงคู่ควบกับสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ต้องคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะมากกว่าการวิเคราะห์หาค่าแอมพลิจูด นั่นคือการปฏิบัติการโดยอนุพันธ์เชิงฟังก์ชันค่อนข้างมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการคำนวณหาอนุพันธ์เชิงฟังก์ชันเทียบกับแหล่งกำเนิดดั่งเดิมต่างๆ ซึ่งใช้อธิบายฟังก์ชันของระบบเชิงกายภาพที่ได้แยกออกมาจากสิ่งแวดล้อมแล้วในทฤษฎีสนามควอนตัม เมื่อเจาะจงนำมาใช้กับระบบควอนตัมของสนามโน้มถ่วง หรือระบบสนามโน้มถ่วงเชิงควอนตัม ทำให้ได้สูตรใหม่ที่เป็นรูปแบบทั่วไปของตัวแผ่อนุภาคกราวิตอนซึ่งหาได้จากทฤษฎีสนามของลากรางเจียนมีทั้งหมดสามสิบเทอมหาได้โดยการใช้หลักความจริงสำหรับอนุพันธ์เชิงฟังก์ชันของทฤษฎีสนามควอนตัม และการก่อกำเนิดความไม่เป็นเชิงเส้นในอนุภาคกราวิตอนและการทำอันตรกิริยากับมวลสารอื่น แหล่งกำเนิดภายนอกนี้เมื่อมีการคู่ควบกับสนามโน้มถ่วงและกำหนดให้การแปรผันของแหล่งกำเนิดจึงไม่ควรเป็นปริมาณอนุรักษ์ ดังนั้นการแปรผันเทียบกับองค์ประกอบทั้งสิบของสนามจึงสามารถทำได้อย่างอิสระหรือไม่ขึ้นกับองค์ประกอบอื่นของแหล่งกำเนิด ผลลัพธ์ที่ได้คือตัวแผ่ของอนุภาคที่ได้มาจากการคำนวณเชิงฟังก์ชัน ซึ่งผลที่ได้นี้จะไม่สอดคล้องกับการคำนวณโดยใช้วิธีผลลัพธ์ของการคำนวณตามลำดับเวลาของสองสนามซึ่งผลจากอันแรกจะได้เทอมที่มีชื่อว่าชวิงเกอร์เทอมเพิ่มขึ้นมาด้วย การควอนไตซ์ได้ถูกคำนวณออกมาด้วยโดยใช้เกจที่สอดคล้องกันกับสถานะทางกายภาพที่มีอยู่จริง ซึ่งเป็นการมีอยู่สองสถานะโพลาไรเซชัน เพื่อทำให้แน่ใจว่าว่าเมื่อนำไปประยุกต์ใช้จะได้ผลในทางบวก หลังจากการสร้างเงื่อนไขบังคับค่าเชิงบวกและใส่สปิน ใน

ทฤษฎีของอนุภาคกราวิตอนซึ่งทำอันตรกิริยากับแหล่งกำเนิดอื่น โดยแหล่งกำเนิดนี้ไม่จำเป็นต้องมีเทนเซอร์ของพลังงานและโมเมนตัมภายนอกที่คงที่แล้วสมการของค่าคาดหมายของทฤษฎีได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยเงื่อนไขที่อุณหภูมิมีค่าจำกัด ในการคำนวณและโดยใช้อนุพันธ์เชิงฟังก์ชันของทฤษฎีสนามควอนตัม เทคนิกที่จำเป็นในการคำนวณที่จะต้องกำหนดเป็นอันดับแรกคือ เทนเซอร์ของพลังงานและโมเมนตัมภายนอกต้องไม่มีการอนุรักษ์ ค่าโคแวเรียนซ์ของเทนเซอร์ความโค้งรีมันน์ที่ถูกเหนี่ยวนำในสภาพสุญญากาศได้ถูกสร้างขึ้นด้วย แม้ว่าจะใช้สำหรับการควอนไตเซชันในเกจที่กำหนดขึ้นสำหรับกราวิตอนที่มีเพียงสองสถานะกายภาพดังกล่าวข้างต้น สำหรับการประยุกต์ได้เหนี่ยวนำทำให้ได้เมตริกซ์ที่ถูกต้องและนำผลที่ได้ถูกตรวจสอบกับสตริงแบบปิด ซึ่งเกิดขึ้นจากกิริยานัมบุ ซึ่งผลเฉลยของการสั่นของสตริงแบบวงปิดอาจเป็นรูปแบบทั่วไปที่ง่ายที่สุดของวัตถุที่เป็นจุด สุดท้ายได้มีการพิจารณาถึงว่าทำไมความสมมาตรของปริภูมิเวลา อาจขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเพื่อความถูกต้องที่เกิดจากการแผ่รังสีและนัยสำคัญทางกายภาพได้ถูกเน้นย้ำในวิทยานิพนธ์นี้ด้วย

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SECKSON SUKKHASENA : CLOSED–TIME PATH IN QUANTUM PHYSICS AND QUANTUM FIELD THEORY. THESIS ADVISOR : PROF. EDOUARD B. MANOUKIAN, Ph.D. 220 PP.

QUANTUM DYNAMICAL PRINCIPLE/ CLOSED–TIME PATH FORMALISM/ EXPECTATION VALUE FORMALISM/ FUNCTIONAL DIFFERENTIAL TREATMENT OF QUANTUM FIELD THEORY/ COUPLING OF QUANTUM SYSTEMS TO THE ENVIRONMENT/ EXTERNAL SOURCE TECHNIQUES/ QUANTUM GRAVITY/ GRAVITON PROPAGATOR/ NON–CONSERVED EXTERNAL ENERGY–MOMENTUM TENSOR/ EXPECTATION VALUE FORMALISM AT FINITE TEMPERATURE/ SCHWINGER TERMS.

After an explicit derivation is given for the quantum dynamical principle (QDP) for the closed-time path formulation, involved in computing directly expectation values and probabilities, paying special attention to the sudden change of the dynamics from the positive sense to the negative one, a systematic analysis is carried out of the expectation formalism in quantum physics and quantum field theory in the functional *differential* treatment pioneered by Schwinger. In quantum physics, a functional differential treatment is developed, via the QDP, for the *coupling* of quantum systems to the environment. As one is involved in taking the trace over the dynamical variables of environment, the analysis necessarily deals with transition probabilities rather than with amplitudes. It is shown that the functional differential treatment is quite suitable for such a study as it involves in carrying out functional differentiations, with respect to classical sources, on functionals describing decoupled physical systems from the environment. In quantum field theory, with particular emphasis on the quantum aspect of gravitation, that is, on quantum gravity, a general *novel* expression is derived for the graviton propagator from Lagrangian field theory, which includes 30 terms, by taking into account the necessary fact that in the functional differential approach of quantum

filed theory, in order to generate non-linearities in gravitation and interactions with matter, the external source $T_{\mu\nu}$, coupled to the gravitational field, should *a priori* not be conserved $\partial^{\mu}T_{\mu\nu} \neq 0$, so variations with respect to its ten components may be varied *independently*. The resulting propagator is the one which arises in the functional differential approach and does *not* coincide with the corresponding time-ordered product of two fields and it includes so-called Schwinger terms. The quantization is carried out in a gauge corresponding to physical states with two polarization states to ensure positivity in quantum applications. After establishing the positivity constraint and spin content of the theory for gravitons interacting with a necessarily, and *a priori*, *non*-conserved external energy-momentum tensor, the expectation value formalism of the theory is developed at *finite* temperature in the functional *differential* treatment of quantum field theory. The necessity of having, *a priori*, a non-conserved external energy-momentum tensor is an obvious technical requirement. The covariance of the *induced* Riemann curvature tensor, in the initial vacuum, is established even for the quantization in a gauge corresponding only to two physical states of the gravitons as established above. As an application, the *induced* correction to the metric and the resulting underlying geometry is investigated due to a closed string arising from the Nambu action as a solution of a circularly oscillating string as, perhaps, the simplest generalization of a limiting point-like object. Finally it is discussed on why the geometry of spacetime may, in general, depend on temperature due to radiative corrections and its physical significance is emphasized.

School of Physics
Academic Year 2007

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____