

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

Chern-Simons 係數量子修正之研究(II)

計畫類別：C 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2112-M-032-019

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：高賢忠

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

C 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：淡江大學

中華民國 90 年 10 月 29 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國科會專題研究計畫成果報告撰寫格式說明

Preparation of NSC Project Reports

計畫編號：NSC 89-2112-M-032-019

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：高賢忠 執行機構：淡江大學

計畫參與人員：胡天喜、楊宇翔、蔡樟諳（淡江大學）

一、中文摘要

在國科會的資助下，我完成了以下工作：

Hsien-chung Kao, 2001, " Quantum Correction to the Chern-Simons Coefficient in Self-Dual SU(n) Chern-Simons Higgs Theories," to appear in Phys. Rev. D .

在這個工作裡，我們分析了自對偶 SU(n) Chern-Simons-Higgs 系統，在各種對稱破缺相中 Chern-Simons 係數的量子修正。

關鍵詞：Chern-Simons 理論

Abstract

With the support from the National Science Council, I finished the following works:

Hsien-chung Kao, 2001, " Quantum Correction to the Chern-Simons Coefficient in Self-Dual SU(n) Chern-Simons Higgs Theories," to appear in Phys. Rev. D .

In this work, I calculate the quantum corrections to the Chern-Simons coefficient in various symmetry broken phases.

Keywords: Chern-Simons Theories

二、緣由與目的

早自 1982 年起，物理學家就知道在 Non-Abelian Chern-Simons 理論中，如果想要有合理的量子場論，則其 Chern-Simons coefficient 必須是 $(1/4f)$ 的整數倍，在系統沒有自發規範

對稱破缺時，這個結論已由實際計算驗證。接下來，學者關注的焦點開始放在當 Non-Abelian Chern-Simons 理論中存在自發對稱破缺的情形，此時 Chern-Simons coefficient 在歷經量子修正後，是否仍然能滿足上述的量子化條件一直還沒有全盤的理解。以往大部分學者認為，當自發對稱破缺發生時，如果系統中仍有殘餘的規範對稱，則 Chern-Simons coefficient 仍然還是 $(1/4f)$ 的整數倍；反之如果系統中的規範對稱完全被破壞掉，則 Chern-Simons coefficient 將不再是 $(1/4f)$ 的整數倍。但是進一步的研究發現，若 Higgs 場是在 fundamental representation，則不論系統中的規範對稱是否完全被破壞掉，Chern-Simons coefficient 總是 $(1/4f)$ 的整數倍。先前的計算的錯誤在於沒有考慮 would-be Chern-Simons 項的貢獻，這種項在 Higgs phase 會產生相似於 Chern-Simons 項的效應，但實際上卻是完全規範不變的，所以當我們在計算 Chern-Simons coefficient 的量子修正時，必須把這部份扣除掉，才能求得正的量子修正。從以往的研究知道當 Non-Abelian Self-dual Chern-Simons 系統中的 Higgs 場是在 adjoint representation 時，系統有十分豐富的真真空結構，這些不同的 Higgs 相可以概分為三類：

1. 規範對稱完全被破壞，只剩下 global U(1) 對稱。
2. 規範對稱破壞到只剩下 local U(1) 對稱。
3. 規範對稱破壞成 SU(n) 對稱。

在這些不同的 Higgs 相中，Chern-Simons coefficient 究竟會出現什麼樣的量子修正，一直是許多學者感興趣而尚未解決的課題，因此我在這個計畫中針對這個問題做系統性的研究。

三、結果與討論

我發現只要系統有任何殘餘的對稱性，則 Chern-Simons 係數的量子修正都滿足量子化條件，因此自對偶 Chern-Simons-Higgs 理論的量子化並無矛盾存在。特別有趣的是，即使此殘餘的對稱性為 $U(1)$ ，雖然理論上並無強制性，其對應的量子修正依然滿足量子化條件。

四、計畫成果自評

在這個計畫中，我按照我預定的構想完成了 Chern-Simons 係數量子修正的計算，澄清了先前文獻上的一些錯誤，並增進了我們對 Chern-Simons-Higgs 理論的了解。整體而言，我認為計畫的執行相當成功。

五、參考文獻

1. Hsien-chung Kao, K. Lee, and T. Lee, 1996, "The Chern-Simons Coefficient in Supersymmetric Yang-Mills Chern-Simons Theories," Phys. Lett. B373, pp. 94-99. (SCI) NSC84-2112-M-001-022.
2. Hsien-chung Kao, K. Lee, C. Lee and T. Lee, 1994, "The Chern-Simons Coefficient in the Higgs Phase," Phys. Lett. B341, pp. 181-186. (SCI)
3. Hsien-chung Kao, 1997, "Generalizing the Coleman-Hill Theorem," Mod. Phys. Lett. A12, pp. 763-772. (SCI) NSC86-2112-M-032-011-T.
4. Hsien-chung Kao, 1998, "Non-abelian Chern-Simons Coefficient in the Higgs Phase," Phys. Rev. D57, pp. 7416-7421. (SCI) NSC-87-2112-M-032-002.
5. Hsien-chung Kao, 1999, "Chern-Simons Coefficient in Supersymmetric Non-Abelian Chern-Simons Higgs Theories," Phys. Rev. D60, 065013. (SCI) NSC-88-2112-M-032-003.
6. Hsien-chung Kao, 2001, "Mass Spectra of $\mathcal{N}=2$ Supersymmetric $SU(n)$ Chern-Simons Higgs Theories," Phys. Rev. D63, 045013. (SCI) NSC-89-2112-M-032-019.