

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(III)

※

※

※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2112-M-032-002

執行期間：90年8月1日至91年7月31日

計畫主持人：高賢忠

共同主持人：李仁吉

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
- 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 91 年 8 月 2 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 90-2112-M-032-002

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：高賢忠、李仁吉 執行機構：淡江大學

計畫參與人員：姜廣裕（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：

1. Pei-Ming Ho and Hsien-chung Kao, 2002, "Noncommutative Quantum Mechanics from Noncommutative Quantum Field Theory," Phys. Rev. Lett. 88, 151602.

2. Hsien-chung Kao, 2002, " Vacuum Structure of $N=2$ Supersymmetric Chern-Simons-Higgs Theories," Phys. Rev. D63, 125021.

在第一個工作裡，我們研究時空非交換性在量子力學的層次上可能出現的效應，我們發現就氫原子光譜而言，時空非交換性的效應至少是二階以上，因此極其微小。

在第二個工作裡，我們分析了自對偶 $SO(n)$ 及 $SP(2n)$ Chern-Simons-Higgs 系統的各種對稱破缺相中的真空結構及質量譜。這個結果有助於我們計算這類系統 Chern-Simons 係數的量子修正的計算。

關鍵詞：非交換性，Chern-Simons 理論

Abstract

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

1. Pei-Ming Ho and Hsien-chung Kao, 2002, "Noncommutative Quantum Mechanics from Noncommutative Quantum Field Theory," Phys. Rev. Lett. 88, 151602.

2. Hsien-chung Kao, 2002, " Vacuum Structure of $N=$

2 Supersymmetric Chern-Simons-Higgs Theories," Phys. Rev. D63, 125021.

In the first work, we derive non-commutative multi-particle quantum mechanics from non-commutative quantum field theory in the non-relativistic limit. Particles of opposite charges are found to have opposite non-commutativity. As a result, there is no non-commutative correction to the hydrogen atom spectrum at the tree level. We also comment on the obstacles to take non-commutative phenomenology seriously, and propose a way to construct non-commutative $SU(5)$ grand unified theory.

In the second work, we use an algebraic method previously introduced to work out the mass spectra, symmetry breaking patterns, and topologies of general vacuum states in $N=2$ supersymmetric Chern-Simons-Higgs systems with adjoint matter coupling for arbitrary classical Lie groups. The approach is very general and only makes use of the property that the vacuum states satisfy the $SU(2)$ algebra. Therefore, the results can also be applied to any systems that share the same property. In this kind of analysis, we obtain a natural basis for fields, which is useful for studying the self-dual solutions and quantum corrections in these systems.

Keywords: Non-Commutativity, Chern-Simons Theories

二、緣由與目的

自對偶 Non-Abelian Chern-Simons 系統一直是許多理論物理學家感興趣的主題。這個系統的能量泛函有一個下限，當系統的能量剛好等於這個下限時，規範場與 Higgs 場則會滿足所謂的自對偶方程式。這個方程式的解十分豐富，包括拓撲孤立子及非拓撲渦旋。同時，當 Higgs

場為adjoint表現時，系統有相當複雜的真空結構，此時 Chern-Simons coefficient 在歷經量子修正後，是否仍然是 $(1/4\pi)$ 的整數倍，一直還沒有全盤的理解。為了研究上述這兩個課題，我們必須先對系統的基態有透徹的了解。由於系統的基態滿足一個類似SU(2)的代數方程式，我們可以用把SU(2)嵌入到一般李代數的方式，來對這些基態做分類。

在先前的工作中，我發現了一個代數方法來找出SU(n)系統的質量譜和對稱破缺的型式。由於在推導這些結果時，我只用到了真空所滿足的對易關係，因此我認為類似的分析可以應用到其他的規範群，例如SO(n)及SP(2n)群。因此在這個計畫中我要目的就是求出系統的質量譜和對稱破缺的型式。這部份的知識對將來我們在研究自對偶解及量子修正時會很有幫助。

三、結果與討論

在第一份工作裡，我們發現氫原子光譜中的時空非交換效應極其微小，因此在目前的實驗精確度下，無法加以證實或排除。

在第二份工作裡，我們得出了自對偶SO(n)及SP(2n) Chern-Simons-Higgs 系統的各種對稱破缺相中的真空結構及質量譜。

四、計畫成果自評

在這個計畫中，我按照預定的構想把我先前所發現的代數方法推廣到SO(n)及SP(2n) Chern-Simons-Higgs 系統，順利找出各種對稱破缺相中的真空結構及質量譜。這個結果有助於我們將來計算這類系統 Chern-Simons 係數的量子修正。同時我也與台大物理系的賀培銘教授合作研究非交換性量子力學，在這個過程中，我增進了對弦論的理解，將來可以在這方面進行更深入的研究。整體而言，我認為計畫的執行相當成功。

五、參考文獻

1. C. Chu and P. Ho, "Noncommutative open string and D-brane," Nucl. Phys. B **550**, 151 (1999).
2. N. Seiberg and E. Witten, "String theory and noncommutative geometry," JHEP **9909**, 032 (1999).
3. M. Chaichian, M. M. Sheikh-Jabbari and A. Tureanu, "Hydrogen atom spectrum and the Lamb shift in noncommutative QED," Phys. Rev.

Lett. **86**, 2716 (2001).

4. G. Dunne, Nucl. Phys. B **433**, 333 (1995)
5. G. Dunne, Phys. Lett. B **345**, 452 (1995).
6. Hsien-chung Kao, 2001, "Mass Spectra of N=2 Supersymmetric SU(n) Chern-Simons Higgs Theories," Phys. Rev. D **63**, 045013. (SCI) NSC-89-2112-M-032-019.