

BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

*****◇◇◇*****

NGUYỄN THỊ NGỌC SA

NGHIÊN CỨU CÁC TÍNH CHẤT PHI
CỔ ĐIỂN CỦA TRẠNG THÁI THÊM VÀ
BỚT MỘT PHOTON LÊN HAI MODE
KẾT HỢP SỬ (2)

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

Thừa Thiên Huế, năm 2020

BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC HUẾ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

*****◇◇◇*****

NGUYỄN THỊ NGỌC SA

NGHIÊN CỨU CÁC TÍNH CHẤT PHI
CỔ ĐIỂN CỦA TRẠNG THÁI THÊM VÀ
BỐT MỘT PHOTON LÊN HAI MODE
KẾT HỢP SU(2)

Chuyên ngành: **Demo Version - Select Pdf SDK** Vật lý lý thuyết và vật lý toán

Mã số: 8 44 01 03

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ
THEO ĐỊNH HƯỚNG NGHIÊN CỨU

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
PGS. TS. TRƯƠNG MINH ĐỨC

Thừa Thiên Huế, năm 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, các số liệu và kết quả nghiên cứu ghi trong luận văn là trung thực, được các đồng tác giả cho **Demo Version - Select.Pdf SDK** phép sử dụng và chưa từng được công bố trong bất kì một công trình nào khác.

Nguyễn Thị Ngọc Sa

LỜI CẢM ƠN

Thực tế luôn cho thấy, sự thành công nào cũng đều gắn liền với những sự hỗ trợ, giúp đỡ của những người xung quanh. Trong suốt thời gian từ khi bắt đầu làm luận văn đến nay, tôi đã nhận được sự quan tâm, chỉ bảo, giúp đỡ của thầy cô, gia đình và bạn bè xung quanh.

Đặc biệt, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy giáo PGS.TS. Trương Minh Đức đã trực tiếp tận tình hướng dẫn cũng như cung cấp tài liệu, thông tin khoa học cần thiết cho bài luận này. Nhờ có những lời hướng dẫn, dạy bảo đó, bài luận văn này của tôi đã hoàn thành một cách xuất sắc nhất.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến quý Thầy Cô của trường ĐHSP Huế đã trực tiếp hay gián tiếp giảng dạy, truyền đạt những kiến thức bổ ích cho bản thân tôi trong những năm tháng học tập tại trường.

Tôi cũng xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình cùng bạn bè, các anh chị học viên cao học khóa 27 đã luôn động viên, góp ý cho tôi trong suốt quá trình thực hiện luận văn này.

Huế, tháng 11 năm 2020

Tác giả luận văn

Nguyễn Thị Ngọc Sa

Mục lục

Trang phụ bì	i
Lời cam đoan	ii
Lời cảm ơn	iii
Mục lục	1
Danh sách hình vẽ	3
Mở đầu	4
NỘI DUNG	7
1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	7
1.1 Trạng thái kết hợp	7
1.1.1 Định nghĩa	7
1.1.2 Các tính chất của trạng thái kết hợp	8
1.1.3 Tính chất của các toán tử dịch chuyển	11
1.2 Một số tính chất phi cổ điển	13
1.2.1 Định nghĩa	13
1.2.2 Nén tổng hai mode	14
1.2.3 Nén hiệu hai mode	15
1.2.4 Tính phản kết chùm	16
1.2.5 Bất đẳng thức Cauchy-Schwartz	18
2 KHẢO SÁT TÍNH CHẤT NÉN	19
2.1 Trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2)	19
2.1.1 Trạng thái hai mode kết hợp SU(2)	19
2.1.2 Trạng thái momen xung lượng góc kết hợp	20
2.1.3 Trạng thái kết hợp SU(2)	20

2.1.4	Trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2)	21
2.2	Khảo sát tính chất nén	23
2.2.1	Nén tổng hai mode	23
2.2.2	Nén hiệu hai mode	27
3	KHẢO SÁT SỰ VI PHẠM BẤT ĐẲNG THỨC CAUCHY-SCHWARZ VÀ TÍNH CHẤT PHẢN KẾT CHÙM HAI MODE	32
3.1	Sự vi phạm bất đẳng thức Cauchy-Schwarz	32
3.2	Tính phản kết chùm	40
	Kết luận	51
	Tài liệu tham khảo	53
	Phụ lục	P1

Demo Version - Select.Pdf SDK

Danh sách hình vẽ

2.1	Sự phụ thuộc của S vào r khi $N = 10, N = 15, N = 20$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).	26
2.2	Sự phụ thuộc của S vào r khi $N = 10, N = 15, N = 20$ của trạng thái kết hợp SU(2).	26
2.3	Sự phụ thuộc của D vào r khi $N = 10, N = 15, N = 20$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).	30
2.4	Sự phụ thuộc của D vào r khi $N = 10$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2) và trạng thái kết hợp SU(2).	31
3.1	Sự phụ thuộc của I vào r với $N = 2, N = 3$ và $N = 5$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).	39
3.2	Sự phụ thuộc của I vào r với $N = 2$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2) và trạng thái kết hợp SU(2)	40
3.3	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(1, 1)$ vào r với $N = 2, 3, 4$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2)	44
3.4	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(1, 1)$ vào r với $N = 2$ của trạng thái kết hợp SU(2) và trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2)	45
3.5	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(2, 1)$ vào r với $N = 2, 3, 4$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	46
3.6	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(3, 1)$ vào r với $N = 3, 6, 7$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	47
3.7	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(4, 1)$ vào r với $N = 5, 6, 7$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	47
3.8	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(4, 4)$ vào r với $N = 7, 8, 9$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	48
3.9	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(5, 1)$ vào r với $N = 7, 8, 9$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	49
3.10	Sự phụ thuộc của $R_{ab}(5, 4)$ vào r với $N = 11, 12, 13$ của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp.	50

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Nhân loại đang chứng kiến thời kỳ phát triển rực rỡ của khoa học và công nghệ, được đánh dấu bởi vô số những phát minh kỳ diệu từ những lĩnh vực lý thuyết trừu tượng nhất đến những ứng dụng kỹ thuật và công nghệ rộng rãi nhất trong thực tế sản xuất và đời sống. Phần lớn những thành tựu chủ yếu đó khởi nguồn từ sự ra đời của thuyết lượng tử và thuyết tương đối, những bước tiến mang tính đột phá ngoạn mục nhất của Vật lý học thế kỷ XX. Nhận định chung cho rằng, những phát minh vĩ đại này đã tạo nên “đợt sóng thần” ngày càng dâng cao trong khoa học và công nghệ suốt thế kỷ XX, XXI với những ảnh hưởng sâu sắc trong đời sống con người, có tác dụng rất lớn đối với nhân loại. Liên quan đến thông tin, một lĩnh vực khoa học có tính thời sự đang phát triển mạnh mẽ là “Thông tin lượng tử”. Người ta chờ đợi rằng thông tin lượng tử sẽ là một cuộc đại cách mạng trong công nghệ thông tin mà ảnh hưởng to lớn của nó là điều chưa thể dự báo.

Trong những năm gần đây, các lĩnh vực thông tin lượng tử, viễn tải lượng tử thu hút sự quan tâm rất lớn của các nhà khoa học và đang có những bước phát triển mạnh mẽ. Cùng với đó, việc nghiên cứu các trạng thái có tính phi cổ điển, đặc biệt là tính đan rối đóng vai trò quan trọng trong quá trình tạo ra các nguồn tài nguyên rối. Nghiên cứu các tính chất, ứng dụng của các trạng thái phi cổ điển là một hướng đề tài mới đang được quan tâm nghiên cứu nhiều ở trên thế giới trong vài chục năm trở lại đây. Trong thời gian gần đây, các trạng thái phi cổ điển mới tiếp tục được đề xuất và được các nhà lý thuyết lẫn thực nghiệm quan tâm nghiên cứu. Các nghiên cứu trước đây chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu lý thuyết để đề xuất các trạng thái phi cổ điển mới và khảo sát các tính chất của chúng. Từ khi trạng thái nén là một trạng thái phi cổ điển được tạo ra bằng thực nghiệm vào giữa thập niên 1980 và cho một số ứng dụng vào thực tế cuộc sống đã mở ra cho các nhà nghiên cứu một hướng nghiên cứu mới đó là nghiên cứu kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm để có thể tạo ra và ứng dụng các trạng thái phi cổ điển vào cuộc sống. Đây là trạng thái mở đầu cho lớp các trạng thái phi cổ điển. Đầu năm 2004, một trạng thái phi cổ điển mới là trạng thái kết hợp thêm photon đã được tạo ra bằng thực nghiệm. Bên cạnh đó các tính chất phi cổ điển như tính chất nén,

tính chất phản chùm đã được đề xuất và nghiên cứu bằng thực nghiệm trong một vài năm gần đây.

Vào năm 1991, Agarwal [7] và Tara đã đề xuất ý tưởng về trạng thái kết hợp thêm photon và cũng đã chứng minh được nó là một trạng thái phi cổ điển. Việc thêm và bớt photon vào một trạng thái vật lý là một phương pháp quan trọng để tạo ra một trạng thái phi cổ điển mới, từ đó mở ra những ứng dụng mới trong kỹ thuật, công nghệ thông tin lượng tử. Áp dụng các trạng thái mới này vào thực nghiệm cho phép chúng ta tạo ra các thiết bị quang học, các thiết bị với độ chính xác cao để đáp ứng sự phát triển của khoa học công nghệ ngày nay. Năm 2001, Tô Thị Ngọc Thúy đã nghiên cứu các tính chất phi cổ điển bậc cao của trạng thái hai mode chân không thêm photon [3]. Năm 2014, Nguyễn Thanh Pháp đã nghiên cứu các tính chất phi cổ điển của trạng thái hai mode kết hợp thêm hai photon [2]. Năm 2015, Huỳnh Vũ đã nghiên cứu tính chất nén bậc cao và tính phản chùm của trạng thái hai mode kết hợp SU(2) lẻ [6]. Năm 2017, Nguyễn Vụ Thụy đã nghiên cứu các tính chất phi cổ điển của trạng thái thêm hai bớt một photon lên hai mode kết hợp lẻ [4]. Các khảo sát tính chất phi cổ điển đã được một số tác giả nghiên cứu, nhưng vẫn chưa có đề tài nào khảo sát tính chất phi cổ điển của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2). Dựa trên nền tảng các nghiên cứu của các tác giả trước đó cũng như được sự hướng dẫn của PGS.TS.Trương Minh Đức, tôi quyết định chọn đề tài: **“Nghiên cứu các tính chất phi cổ điển của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2)”** làm đề tài Luận văn thạc sĩ Vật Lý.

Demo Version - Select.Pdf SDK

2. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài này là khảo sát các tính chất phi cổ điển của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2). Các tính chất phi cổ điển sẽ được khảo sát là tính chất nén tổng hai mode và nén hiệu hai mode, tính phản kết chùm hai mode và sự vi phạm bất đẳng thức Cauchy-Schwarz.

3. Phạm vi nghiên cứu

Đề tài thuộc lĩnh vực quang lượng tử và tôi chỉ khảo sát các tính chất phi cổ điển của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).

4. Nhiệm vụ nghiên cứu

Đề tài chủ yếu tập trung vào các vấn đề sau:

- Hệ thống trạng thái kết hợp, trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).
- Khảo sát tính chất nén tổng và nén hiệu hai mode của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).
- Khảo sát sự vi phạm bất đẳng thức Cauchy- Schwarz và tính phản kết chùm của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).

5. Phương pháp nghiên cứu

Để nghiên cứu đề tài này cần sử dụng các phương pháp sau:

- Sử dụng kiến thức về lý thuyết trường lượng tử cho hệ nhiều hạt để giải các bài toán liên quan đến đề tài nghiên cứu.
- Sử dụng các phần mềm toán học liên quan để xử lý và vẽ đồ thị.

6. Bố cục luận văn

Ngoài phần mục lục và tài liệu tham khảo, luận văn gồm ba phần:

- Mở đầu: Trình bày về lí do chọn đề tài, mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu, nội dung nghiên cứu, giới hạn nghiên cứu của đề tài.
- Nội dung:
 - + Chương I: Trình bày các cơ sở lý thuyết.
 - + Chương II: Khảo sát tính chất nén của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).
 - + Chương III: Khảo sát sự vi phạm bất đẳng thức Cauchy-Schwarz và tính chất phản kết chùm hai mode của trạng thái thêm và bớt một photon lên hai mode kết hợp SU(2).
- Kết luận: Trình bày về các kết quả đạt được của đề tài và các hướng mở của đề tài.