





ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN



**QUÁCH TRUNG ĐÔNG**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG NƯỚC  
LÊN PHỔ PHÁT TÀN SỐ TỔNG QUANG HỌC (SFG)  
CỦA D-GLUCOSE**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC



Hà Nội, 2014



ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN



QUÁCH TRUNG ĐÔNG


**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG NƯỚC  
LÊN PHỔ PHÁT TẦN SỐ TỔNG QUANG HỌC (SFG)  
CỦA D-GLUCOSE**

CHUYÊN NGÀNH: QUANG HỌC


Mã số : 60440109

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. HOÀNG CHÍ HIẾU



Hà Nội, 2014



## LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến TS. Hoàng Chí Hiếu là người hướng dẫn trực tiếp đã tận tình giúp đỡ, chỉ bảo và tạo mọi điều kiện thuận lợi để tôi có thể hoàn thành luận văn này.

Tôi cũng xin chân thành cảm ơn các thầy cô cùng toàn thể các nghiên cứu sinh, học viên cao học và sinh viên thuộc Bộ môn Quang lượng tử đã nhiệt tình giúp đỡ, tham gia nghiên cứu, trao đổi tài liệu, dụng cụ thí nghiệm và đóng góp ý kiến trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu tại Bộ môn.

Tôi cũng xin trân trọng cảm ơn các cán bộ, chuyên viên của các phòng ban trong nhà trường và Khoa Vật lý đã hướng dẫn, tạo điều kiện để tôi nhanh chóng hoàn thành mọi thủ tục bảo vệ.

Cuối cùng, tôi xin được gửi lòng biết ơn đến gia đình và người thân đã luôn ủng hộ, tin tưởng và động viên tôi trong suốt quá trình học tập và công tác.

*Hà Nội, ngày 1 tháng 12 năm 2014*

**Học viên cao học**

*Quách Trung Đông*

# MỤC LỤC

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PHỤ LỤC 1: DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT .....</b>                 | <b>i</b>  |
| <b>PHỤ LỤC 2: DANH MỤC HÌNH VẼ .....</b>                                | <b>ii</b> |
| <b>PHỤ LỤC 3: DANH MỤC BẢNG BIỂU .....</b>                              | <b>iv</b> |
| <b>MỞ ĐẦU .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>CHƯƠNG 1 – CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>1.1. Cơ sở quang học phi tuyến .....</b>                             | <b>3</b>  |
| 1.1.1. Tương tác giữa ánh sáng với vật chất .....                       | 3         |
| 1.1.2. Độ phân cực phi tuyến và độ cảm phi tuyến.....                   | 4         |
| <b>1.2. Một số hiện tượng quang học phi tuyến bậc hai.....</b>          | <b>5</b>  |
| 1.2.1. Hiện tượng chỉnh lưu quang học và phát hoà ba bậc hai .....      | 5         |
| 1.2.2. Quá trình trộn ba sóng, điều kiện tương hợp pha.....             | 6         |
| <b>1.3. Phát tần số tổng quang học SFG.....</b>                         | <b>10</b> |
| 1.3.1. Phương trình Maxwell trong quang học phi tuyến .....             | 10        |
| 1.3.2. Cường độ của sóng tần số tổng .....                              | 13        |
| 1.3.3. Điều kiện gần tương hợp pha .....                                | 15        |
| 1.3.4. Quang học phi tuyến bề mặt.....                                  | 17        |
| <b>1.4. Một số nghiên cứu quang phổ học dao động về D-glucose .....</b> | <b>22</b> |
| <b>CHƯƠNG 2 – THỰC NGHIỆM .....</b>                                     | <b>29</b> |
| <b>2.1. Tổng quan về D-glucose .....</b>                                | <b>29</b> |
| 2.1.1. Cấu trúc hoá học của D-glucose.....                              | 29        |
| 2.1.2. Các đặc trưng vật lý của D-glucose .....                         | 32        |
| <b>2.2. Chuẩn bị mẫu.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>2.3. Các thiết bị thí nghiệm.....</b>                                | <b>33</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.1. Hệ laser pico giây Nd:YAG .....  | 33        |
| 2.3.2. Laser Nd:YAG module PL2251A.....   | 34        |
| 2.3.3. Khối nhân đôi tần số H500.....   | 35        |
| 2.3.4. Máy phát tham số quang học PG500/DFG .....                                     | 36        |
| 2.3.5. Giá mẫu .....  | 36        |
| 2.3.6. Máy đơn sắc MS3504 và nhân quang điện PMT .....                                | 37        |
| 2.3.7. Phần mềm SFG spectrometer.....   | 38        |
| <b>2.4. Sơ đồ đo phổ tần số tổng của D-glucose .....</b>                              | <b>38</b> |
| 2.4.1. Bố trí hệ đo.....  | 38        |
| 2.4.2. Quy trình thí nghiệm đo phổ tần số tổng của D-glucose .....                    | 41        |
| <b>CHƯƠNG 3 – KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN .....</b>  | <b>43</b> |
| <b>3.1. Phổ SFG của mẫu D-glucose 0% H<sub>2</sub>O.....</b>                          | <b>44</b> |
| <b>3.2. Phổ SFG của các mẫu D-glucose với hàm lượng nước thêm vào khác nhau .....</b> | <b>46</b> |
| <b>KẾT LUẬN .....</b>   | <b>51</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>   | <b>53</b> |

## **PHỤ LỤC 1: DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT**

**SFG:** Sum frequency generation

**FT – IR:** Fourier transform infrared spectroscopy

**OFC:** Optical frequency converter

**OPA:** Optical parametric amplifier

**OPO:** Optical parametric oscillator

**SPDC:** Spontaneous parametric down-converter

**PMT:** Photomultiplier tube

**CDS:** Correlated double sample

## PHỤ LỤC 2: DANH MỤC HÌNH VẼ

### CHƯƠNG 1 – CƠ SỞ LÝ THUYẾT

|   |    |
|---|----|
| Hình 1.1: Sự phụ thuộc của độ phân cực môi trường vào điện trường dừng trong môi trường quang học tuyến tính và phi tuyến.....  | 5  |
| Hình 1.2: Quá trình tương tác ba photon trong môi trường phi tuyến bậc hai .....  | 7  |
| Hình 1.3: Điều kiện tương hợp pha.....  | 8  |
| Hình 1.4: Các thiết bị phát thông số OFC, OPA, OPO và SPDC .....  | 9  |
| Hình 1.5: Ảnh hưởng của độ lệch vector sóng lên sự phát tần số tổng .....   | 15 |
| Hình 1.6: Giải đồ biểu diễn vật liệu quang phi tuyến bậc hai dưới dạng đơn tinh thể đồng nhất (a) và vật liệu cực tuần hoàn (b) với trục dương c đảo chiều theo chu kỳ $\Lambda$ .....  | 16 |
| Hình 1.7: So sánh biến đổi không gian của biên độ trường sóng tạo thành trong tương tác phi tuyến với ba điều kiện tương hợp pha khác nhau.....   | 16 |
| Hình 1.8: Ví dụ về sự phát hoà ba bậc hai phản xạ tại bề mặt của vật liệu quang phi tuyến bậc hai (a) và vật liệu quang phi tuyến đối xứng tâm (b). .....                               | 17 |
| Hình 1.9: Sự tạo thành sóng hòa ba bậc hai truyền qua và phản xạ tại mặt phân cách (a) và định nghĩa các vector điện, từ trường cho trường hợp P vuông góc với mặt phẳng tới (b). ..... | 19 |
| Hình 1.10: Phổ Raman của dung dịch D-glucose với nồng độ 22% và 50% theo Mathlouthi và Luu.....   | 23 |
| Hình 1.11: Phổ FT-Raman của dung dịch $\alpha$ -D-glucose “khô” và “ướt”theo Joanna Goral.....  | 24 |
| Hình 1.12: Phổ FT-Raman của dung dịch $\beta$ -D-glucose “khô” và “ướt”theo Joanna Goral.....   | 25 |
| Hình 1.13: Phổ cường độ tần số tổng của mode dao động hóa trị C-H theo Miyauchi và cộng sự.....   | 26 |
| Hình 1.14: Phổ FT-IR của D-glucose khô trong vùng CH [2].....   | 27 |

## CHƯƠNG 2 – THỰC NGHIỆM

|   |    |
|---|----|
| Hình 2.1: Cấu trúc của Glucose .....  | 30 |
| Hình 2.2: Các đồng phân tuần hoàn không đối ảnh của D-glucose.....  | 31 |
| Hình 2.3: Cơ chế tạo mẫu D-glucose ẩm .....   | 33 |
| Hình 2.4: Hệ đo SFG của hãng EKSPLA (Lithuania) đang được đặt tại Bộ môn Quang<br>lượng tử, Khoa Vật lý, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên..... | 34 |
| Hình 2.5: Đầu phát laser Nd:YAG mã hiệu PL 2250 của hãng EKSPLA.....  | 35 |
| Hình 2.6: Thiết kế quang học bên trong khối nhân tần H500.....  | 36 |
| Hình 2.7: Giá mẫu gắn với motor bước .....  | 37 |
| Hình 2.8: Sự tạo thành tín hiệu SFG.....  | 39 |
| Hình 2.9: Bố trí hệ đo SFG.....   | 40 |
| Hình 2.10: Ảnh chụp thực tế hệ quang học và bàn đặt mẫu của phép đo tần số tổng<br>của D-glucose.....                                     | 41 |

## CHƯƠNG 3 – KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

|  |    |
|--|----|
| Hình 3.1: Giản đồ miêu tả tổ hợp các trạng thái phân cực khác nhau của chùm khả<br>kiến (1), chùm hồng ngoại (2) và tín hiệu SFG thu được (3).....   | 43 |
| Hình 3.2: Phổ tần số tổng của mẫu D-glucose khô theo bốn cấu hình phân cực khác<br>nhau.....   | 44 |
| Hình 3.3: Phổ Raman của $\alpha$ -D-glucose được thu bởi Corbett và cộng sự [9] .....  | 45 |
| Hình 3.4: Phổ SFG của mẫu D-glucose ban đầu theo các nồng độ nước thêm vào khác<br>nhau .....  | 46 |
| Hình 3.5: Phổ Raman của $\beta$ -D-glucose thu được bởi Corbett và cộng sự [9]. .....  | 47 |
| Hình 3.6: Tính biến đổi quay của D-glucose dưới tác dụng của nước. ....  | 47 |
| Hình 3.7: Hình chiếu Newman của $\alpha$ -D-glucose và $\beta$ -D-glucose được nhìn từ C(6)<br>đến C(5) ở dạng tinh thể. Nhóm C(6)H <sub>2</sub> OH lần lượt có cấu hình là gt và gg [13]. | 48 |
| Hình 3.8: Đồ thị dựng lại phổ Raman của $\alpha$ -D-glucose và $\beta$ -D-glucose từ kết quả<br>nghiên cứu của Corbett và cộng sự [9] .....  | 49 |
| Hình 3.9: Phổ SFG của mẫu D-glucose thêm nước và sau khi được sấy khô .....  | 50 |



## **PHỤ LỤC 3: DANH MỤC BẢNG BIỂU**

### **CHƯƠNG 1 – CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

Bảng 1.1: Các đỉnh dao động của D-glucose khô trong vùng CH [2] .....28

### **CHƯƠNG 2 – THỰC NGHIỆM**

Bảng 2.1: Các thông số đặc trưng của PMT .....37

### **CHƯƠNG 3 – KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

Bảng 3.1: Các mode dao động của D-glucose khô trong vùng CH .....45

Bảng 3.2: Các mode dao động của D-glucose ướt trong vùng CH.....49

## MỞ ĐẦU

Ngày nay, sự phát triển không ngừng của công nghệ sinh học và khoa học vật liệu yêu cầu phải có những công cụ và thiết bị mới để sử dụng cho việc phân tích. Trong bối cảnh đó, hiệu ứng phát tần số tổng (SFG) quang học bậc hai được quan tâm rất nhiều vì những ưu điểm vượt trội như độ nhạy đơn lớp nguyên tử, tính định hướng cao so với phương pháp phổ dao động quang học bậc một FT-IR hoặc Raman [3,4]. SFG thực chất là hiệu ứng quang học phi tuyến bậc hai có đặc điểm bị cấm ở các vật liệu có cấu trúc đối xứng tâm và phát rất mạnh trong các cấu trúc đối xứng tâm bị phá vỡ như bề mặt, giao diện của vật liệu hoặc các cấu trúc có tính chirality (đối xứng bàn tay) [3]. Kỹ thuật SFG đã được ứng dụng thành công để nghiên cứu các cấu trúc dao động bề mặt và động học trên các bề mặt giao diện khác nhau. Các mode dao động hoạt động bề mặt của các phân tử tại mặt phân cách cộng hưởng với tín hiệu SFG khi sự định hướng phân cực của các tia laser bơm phù hợp với sự định hướng của mode dao động phân tử. Vì vậy, ta có thể thu được thông tin về sự định hướng, sắp xếp của các phân tử tại bề mặt giao diện đó [4].

Các phân tử hữu cơ thường có cấu trúc chirality, vì vậy SFG là công cụ rất hữu dụng trong việc nghiên cứu cấu trúc, tính chất quang của các phân tử hữu cơ [3,4]. Năm 2006, Miyauchi và đồng nghiệp đã sử dụng kính hiển vi với kỹ thuật SFG để quan sát một cây thủy sinh Chara fibrosa [6]. Các tác giả đã so sánh phổ SFG của Chara fibrosa với phổ SFG của các saccharide tinh khiết như amylopectin, amylose, glucose và  $\beta$ -cyclodextrin và phát hiện ra rằng amylopectin là thành phần chính trong nhụy của Chara fibrosa. Kết quả của nghiên cứu này đã chứng minh khả năng ứng dụng của SFG trong việc nghiên cứu các phân tử hữu cơ.

Đối tượng nghiên cứu được đề cập đến trong luận văn là D-glucose. Đây là một carbohydrate quan trọng bậc nhất trong tự nhiên về mặt sinh học, được hấp thụ trực tiếp vào máu thông qua quá trình tiêu hoá. Glucose được sử dụng như là nguồn cung cấp năng lượng và trung gian trao đổi chất cho các tế bào và là một trong những sản phẩm chính của quá trình quang hợp và nhiên liệu cho quá trình hô hấp tế bào. Do vai trò đặc biệt như vậy nên nhiều nghiên cứu về Glucose đã được thực hiện. Tuy

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Nguyễn Thế Bình (2008), *Quang học hiện đại*, Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
2. Phạm Thị Hương (2013), *Nghiên cứu phổ dao động FT – IR của một số chất saccharides*, Luận văn tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

### Tiếng Anh

3. Aaron Lewis, Artium Khatchatourians (1999), “Second harmonic generation of biological interfaces: probing the membrane protein bacteriorhodopsin and imaging membrane potential around GFP molecules at specific sites in neuronal cells of *C. Elegans*”, *Chemical Physics*, 245 (1), pp. 133-144.
4. Hoang Chi Hieu, Nguyen Anh Tuan, Hongyan li, Yoshihiro Miyauchi (2011), “Sum frequency generation microscopy study of cellulose fibers”, *Applied Spectroscopy*, 65(11), pp. 1254.
5. Robert W. Boyd (2008), *Nonlinear optics*, Academic press, London.
6. Yoshihiro Miyauchi, Haruyuki Sano, and Goro Mirzutani (2006), “Selective observation of starch in a water plant using optical sum-frequency microscopy”, *Journal of Optical Society of America.*, 23 (7), pp. 1687 – 1690.
7. Mohamed Mathlouthi, Dang Vinh Luu (1980), “Laser-Raman spectra of D-glucose and sucrose in aqueous solution”, *Carbohydrate Research*, 81, pp. 203 – 212.
8. James H Wiley, Rajai J Atalla (1986), “Band assignments in the Raman spectra of celluloses”, *Carbohydrate Research*, 160, pp. 113 – 129.
9. E. C. Corbett, V. Zichy, J. Goral, C. Passingham (1991), “Fourier transform Raman studies of material and compounds of biological importance – The effect of moisture on the molecular structure of the alpha and beta anomers of D-glucose”, *Spectrochimica Acta*, 47A (9/10), pp. 1399 – 1411.
10. Joanna Góral (1990), “Fourier-transform Raman spectroscopy of carbohydrates”, *Biophysics*, 16(1), pp. 33 – 47.

11. Medhat Ibrahim, Moussa Alaam, Hanan El-Haes, Abraham F. Jalbout, Amed de Leon (2006), “Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose”, *Eclética Química*, 31(3), pp. 15 – 21.
12. C. Araujo-Andrade, Facundo Ruiz, J.R. Martinez-Mendoza, H. Terrones (2005), “Infrared and Raman spectra, conformational stability, ab initio calculations of structure, and vibrational assignment of  $\alpha$  and  $\beta$  glucose”, *Journal of molecular structure: THEOCHEM*, 714, pp. 143 – 146.
13. Giovana Longhi, Giuseppe Zerbi, Germana Paterlini, Laure Ricard, Sergio Abbe (1987), “Conformational dependence of CH(CD)-stretchings in D-glucose and some deuterated derivatives as revealed by infrared and raman spectroscopy”, *Carbohydrate research*, 161, pp. 1 – 22.
14. L. M. J. Kroon-Batenburg, J. A. Kantens (1983), “Influence of hydrogen bonds on molecular conformation. Molecular mechanics calculations on  $\alpha$ -D-glucose”, *Acta Cryst.*, B39, pp. 749 – 754.
15. A.L. Barnette, L.C. Bradley, B.D. Veres, E.P. Schreiner, Y.B. Park, J. Park, S. Park, S.H. Kim, *Biomacromolecules* 12 (2011) 2434–2439 .