

TẠP CHÍ  
KHOA HỌC ĐẠI HỌC SÀI GÒNSCIENTIFIC JOURNAL OF  
SAIGON UNIVERSITY**TỔNG BIÊN TẬP**

PGS.TS. Nguyễn Viết Ngoạn

**EDITOR-IN-CHIEF**

Nguyen Viet Ngoan, Assoc. Prof., Ph.D.

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP**

TS. Trịnh Viết Toàn

**DEPUTY EDITOR**

Trinh Viet Toan, M.A.

**HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP**

GS.TSKH. Lê Huy Bá  
 GS.TSKH. Vũ Quang Côn  
 GS.TS. Trần Thu Hà  
 GS.TS. Trần Công Phong  
 GS.TS. Lê Chí Quế  
 GS.TSKH. Trần Ngọc Thêm  
 GS.TSKH. Lê Ngọc Trà  
 PGS.TS. Phan Xuân Biên  
 PGS.TS. Nguyễn Văn Cường  
 PGS.TS. Nguyễn Đức Hòa  
 PGS.TS. Nguyễn Khắc Hùng  
 PGS.TS. Võ Văn Lộc  
 PGS.TS. Võ Quang Mai  
 PGS.TS. Phạm Đình Nghiệm  
 PGS.TS. Phạm Hoàng Quân  
 PGS.TS. Nguyễn Xuân Tế  
 PGS.TS. Nguyễn Thiện Tổng  
 TS. Phan Anh Tài

**EDITORIAL REVIEW BOARD**

Le Huy Ba, Prof., Ph.D.  
 Vu Quang Con, Prof., Ph.D.  
 Tran Thu Ha, Prof., Ph.D.  
 Tran Cong Phong, Prof., Ph.D.  
 Le Chi Que, Prof., Ph.D.  
 Tran Ngoc Them, Prof., Ph.D.  
 Le Ngoc Tra, Prof., Ph.D.  
 Phan Xuan Bien, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Nguyen Van Cuong, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Nguyen Duc Hoa, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Nguyen Khac Hung, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Vo Van Loc, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Vo Quang Mai, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Pham Dinh Nghiem, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Pham Hoang Quan, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Nguyen Xuan Te, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Nguyen Thien Tong, Assoc. Prof., Ph.D.  
 Phan Anh Tai, Ph.D.

**THƯ KÝ TÒA SOẠN**

PGS. TS. Nguyễn Thị Kim Ngân

**EDITORIAL SECRETARY**

Nguyen Thi Kim Ngan, Assoc. Prof. Ph.D.

**TRỤ SỞ**

273 An Dương Vương,  
 Phường 3, Quận 5, TP. Hồ Chí Minh  
 ĐT : 028.38321360 – 32  
 Fax : 028.38305568  
 E-mail : tcdhsg@sgu.edu.vn  
 Website : www.sgu.edu.vn  
 Giấy phép xuất bản: 22/GP-BTTTT (23/01/2015)

**EDITORIAL OFFICE**

273 An Duong Vuong St,  
 Ward 3, District 5, Ho Chi Minh City  
 Tel : 028.38321360 – 32  
 Fax : 028.38305568  
 E-mail : tcdhsg@sgu.edu.vn  
 Website : www.sgu.edu.vn  
 Licence : 22/GP-BTTTT (23/01/2015)

## MỤC LỤC Contents

<p><b>Hình tượng trẻ thơ qua hồi ức về thời thơ ấu trong văn học Việt Nam sau 1975</b> The image of a young child through childhood memories in Vietnamese literature after 1975</p>	<p>Ngô Thị Ngọc Diệp 3</p>
<p><b>Xây dựng bài toán phương trình bậc nhất liên quan đến thực tiễn</b> Constructing linear equation problems related to real life</p>	<p>Phạm Sỹ Nam 14 Hà Xuân Thành</p>
<p><b>Mối quan hệ giữa luân chuyển kiểm toán viên và chất lượng kiểm toán – Nghiên cứu tại các công ty niêm yết ở Việt Nam</b> The relationship between auditor rotation and audit quality – A case study in listed companies in Vietnam</p>	<p>Nguyễn Anh Hiền 20</p>
<p><b>Nghiên cứu Didactic về khái niệm hình và hình vẽ biểu diễn trong hình học</b> Didactic research on concepts of figure and drawing in geometry</p>	<p>Nguyễn Ái Quốc 29</p>
<p><b>Câu tồn tại tiếng Việt nhìn từ lý thuyết điển mẫu</b> Vietnamese Existential Sentences from the Prototype Theory</p>	<p>Nguyễn Thị Thanh Thảo 39 Trần Thị Phương Lý</p>
<p><b>Tư tưởng triết học về con người của C.Mác và Ph.Ăngghen trong tác phẩm “Bản thảo Kinh tế – Triết học năm 1844” đến quan điểm của Đảng Cộng sản Việt Nam về phát triển con người</b> From C.Mac and Ph.Ăngghen’s thought of human philosophy in “The Economic Philosophic manuscripts of 1844” to the Vietnamese community’s view on human development</p>	<p>Vũ Công Thương 46 Phan Thị Hồng Duyên</p>
<p><b>Phát triển văn hóa học đường ở trường đại học nước ta</b> The development of school culture at Vietnamese universities</p>	<p>Biền Quốc Thắng 54</p>
<p><b>Cái nhìn nhân bản của Nguyễn Minh Châu về hiện thực chiến tranh trong truyện ngắn sau năm 1975</b> Nguyễn Minh Chau’s humane view on the reality of war in short stories after 1975</p>	<p>Nguyễn Diệu Linh 61</p>
<p><b>Giáo dục Singapore – Từ mục tiêu đến quản lý hệ thống</b> The educational objectives and the systematic management of Singaporean education</p>	<p>Nguyễn Thị Luyện 69</p>
<p><b>Xác định hệ số hấp thụ trong hệ phân tử kim loại kiềm cấu hình chữ V</b> Determining absorption coefficients in a V scheme of the alkali-metal diatomic molecules</p>	<p>Nguyễn Tiến Dũng 81</p>
<p><b>Khảo sát, đánh giá thái độ của sinh viên chuyên ngành Sư phạm tiếng Anh Trường Đại học Sài Gòn đối với hướng tiếp cận học tập qua các thiết bị di động (M-Learning)</b> Surveying and assessing English pedagogy students’ attitudes towards M-Learning at Saigon University</p>	<p>Võ Thúy Linh 86 Nguyễn Thanh Ngân Huỳnh Ngọc Yến Nhi Công Huyền T.N. Hương Giang Đào Thị Kim Hằng</p>

## Xác định hệ số hấp thụ trong hệ phân tử kim loại kiềm cấu hình chữ V

Determining absorption coefficients in a V scheme of the alkali-metal diatomic molecules

TS. Nguyễn Tiến Dũng,  
Trường Đại học Vinh

Nguyen Tien Dung, Ph.D.,  
Vinh University

### Tóm tắt

Trong công trình này, chúng tôi thiết lập hệ phương trình ma trận mật độ dẫn ra biểu thức giải tích của hệ số hấp thụ của hệ phân tử kim loại kiềm đối với một chùm laser có cường độ yếu (chùm dò) dưới sự cảm ứng của chùm laser có cường độ mạnh (chùm điều khiển).

*Từ khóa:* hiệu ứng trong suốt cảm ứng điện từ, phân tử kim loại kiềm.

### Abstract

In this paper, we formulate analytical expressions for absorption coefficient of alkali-metal diatomic molecules for a weak probe laser beam induced by a strong coupling laser beam.

*Keywords:* electromagnetically induced transparency, alkali-metal diatomic molecules.

### 1. Giới thiệu

Hấp thụ và tán sắc là hai tham số cơ bản đặc trưng cho các tính chất quang học của môi trường. Hai hệ số này có quan hệ nhân quả theo hệ thức Kramer-Kronig và thường được biểu diễn tương ứng theo phần thực và phần ảo của độ cảm điện  $\chi$ . Trong lân cận miền phổ cộng hưởng, biên độ của các hệ số này thay đổi mạnh theo tần số và quy luật thay đổi được quy định bởi đặc trưng cấu trúc của các nguyên tử trong môi trường. Tuy nhiên, sự ra đời của ánh sáng laser thì tính chất quang học của các nguyên tử có thể được thay đổi một cách “có điều khiển”. Tiêu biểu cho điều này là sự tạo hiệu ứng trong suốt cảm ứng điện từ (Electromagnetically Induced Transparency viết tắt EIT). Đây là hiệu ứng

được đề xuất vào năm 1989 [1] và kiểm chứng thực nghiệm vào năm 1991 [2] bởi nhóm nghiên cứu ở Stanford. Hiệu ứng này là kết quả của sự giao thoa giữa các biên độ xác suất của các kênh dịch chuyển trong nguyên tử dưới sự kích thích kết hợp của một hoặc nhiều trường điện từ dẫn đến sự trong suốt của môi trường đối với một chùm quang học nào đó.

Khảo sát sự hấp thụ dựa trên hiệu ứng trong suốt cảm ứng điện từ hiện đang được chú ý nghiên cứu trên cả hai phương diện lý thuyết và thực nghiệm đối với các hệ nguyên tử, phân tử khác nhau bởi có nhiều triển vọng ứng dụng. Tiêu biểu là tạo các bộ chuyển mạch quang học [3], làm chậm vận tốc nhóm của ánh sáng [4], tăng hiệu suất các quá trình quang phi tuyến [5]. Đặc

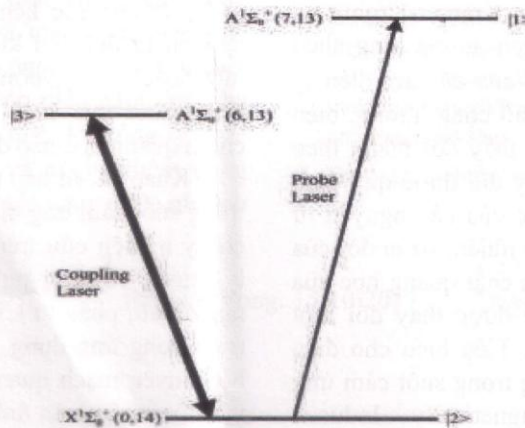
biệt, sự ra đời của các kỹ thuật làm lạnh nguyên tử bằng laser trong thời gian gần đây đã tạo ra các hệ nguyên tử lạnh (nhiệt độ cỡ  $\mu\text{K}$ ) mà ở đó các va chạm dẫn đến sự biến đổi pha giữa các trạng thái lượng tử của điện tử có thể được bỏ qua. Các nhà khoa học kỳ vọng điều này sẽ tạo một bước đột phá trong ứng dụng vào chế tạo các thiết bị quang tử học có độ nhạy cao. Để đạt được mục đích này, việc mô tả chính xác hệ số hấp thụ và hệ số khúc xạ là rất quan trọng.

Gần đây hiệu ứng EIT cho hệ phân tử đã được nghiên cứu trên cả phương diện lý thuyết và thực nghiệm như  $\text{Li}_2$  [7],  $\text{Cs}_2$  [8] và gần đây nhất là công trình của A. Lazoudis và các cộng sự đã nghiên cứu hiện tượng EIT trong cấu hình 3 mức năng lượng loại V ở trạng thái mở của phân tử  $\text{Na}_2$  [9]. Trong công trình này, các tác giả bằng thực nghiệm đã quan sát độ sâu của cửa sổ EIT trong phân tử  $\text{Na}_2$ . Để giải thích thực nghiệm, A. Lazoudis và các cộng sự đã sử dụng các hình thức ma trận mật độ, phương pháp nhiễu loạn và vẽ công tua hấp thụ với trường dò cho cả hai hệ mở và đóng của phân tử  $\text{Na}_2$  từ đó cho thấy sự phù hợp tốt giữa thực nghiệm và lý thuyết. Các kết quả nghiên cứu lý thuyết mới dừng

lại ở dạng số, chưa đưa ra được biểu thức giải tích dẫn đến hạn chế trong một số ứng dụng. Điều này đã gợi ý cho chúng tôi lựa chọn việc sử dụng mô hình giải tích để xác định hệ số hấp thụ cho cấu hình chữ V của hệ phân tử kim loại kiềm.

## 2. Phương trình ma trận mật độ cho hệ phân tử kim loại kiềm cấu hình chữ V

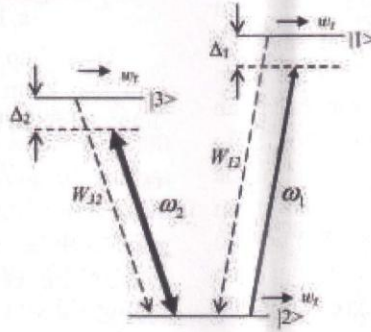
Sơ đồ cấu hình chữ V ba mức của phân tử kim loại kiềm  $\text{Na}_2$  trong thực nghiệm được trình bày như trên Hình 1 [9]. Hệ phân tử  $\text{Na}_2$  được kích thích bởi chùm dò và chùm liên kết trong đó  $|2\rangle$  ký hiệu của trạng thái cơ bản  $X^1\Sigma_g^+(v'=6, J'=13)$  trạng thái có mức năng lượng thấp nhất,  $|3\rangle$  ký hiệu của trạng thái  $A^1\Sigma_u^+(v'=6, J'=13)$  là trạng thái có mức năng lượng cao hơn và giả thiết trạng thái này có thời gian sống khá dài,  $|1\rangle$  ký hiệu của trạng thái  $A^1\Sigma_u^+(v'=7, J'=13)$  có mức năng lượng cao nhất và có tương tác liên kết với mức  $|2\rangle$ . Các dịch chuyển  $|2\rangle \leftrightarrow |3\rangle$ ,  $|2\rangle \leftrightarrow |1\rangle$  được phép vì theo quy tắc lựa chọn giữa hai trạng thái khác nhau  $\Delta J = \pm 1$ ; dịch chuyển  $|1\rangle \leftrightarrow |3\rangle$  không được phép vì trong cùng một trạng thái  $\Delta J = 0$ .



Hình 1. Sơ đồ kích thích cho cấu hình 3 mức chữ V của phân tử  $\text{Na}_2$  [9]

Với mô hình tính toán lý thuyết cấu hình chữ V cho phân tử kim loại kiềm được mô tả như Hình 2. Một trường dò yếu với tần số  $\omega_p = \omega_1$  và độ lệch tần  $\Delta_p = \omega_{12} - \omega_1$  tạo sự dịch chuyển  $|2\rangle \rightarrow |1\rangle$ , trường điều khiển mạnh có tần số  $\omega_c = \omega_2$  và độ lệch tần  $\Delta_c = \omega_{32} - \omega_2$  tạo sự dịch chuyển  $|2\rangle \rightarrow |3\rangle$ , các phân tử chiếm các mức năng lượng kích thích  $|1\rangle$  và  $|3\rangle$  có thể bị kích thích mạnh theo các cách khác nhau để xuống ở trạng thái cơ bản mức  $|2\rangle$ . Ở

đây  $W_{ij}$  là tốc độ phát xạ tự phát của mức  $|i\rangle$  đến mức  $|j\rangle$ ,  $W_i$  là tốc độ phân rã tự nhiên của mức  $|i\rangle$ . Tốc độ phân rã của trạng thái cơ bản mức  $|2\rangle$  là không đáng kể. Các tần số Rabi của các trường dò và liên kết được ký hiệu tương ứng  $\Omega_p = d_{12}E_p/\hbar$  và  $\Omega_c = d_{32}E_c/\hbar$ ;  $d_{12}$  và  $d_{32}$  lần lượt là mômen lưỡng cực điện đối với các dịch chuyển  $|2\rangle \leftrightarrow |1\rangle$  và  $|3\rangle \leftrightarrow |2\rangle$ ,  $w_t$  là tốc độ tích thoát của các phân tử ở các mức do các nguyên nhân khác nhau[9].



Hình 2. Cấu hình lý thuyết chữ V cho phân tử hai nguyên tử [9]

Dưới tác dụng của các trường laser, sự tiến triển các trạng thái lượng tử của hệ nguyên tử có thể được mô tả qua ma trận mật độ  $\rho$  theo phương trình Liouville [6]:

$$\dot{\rho} = -\frac{i}{\hbar}[H, \rho] \quad (1)$$

ở đây,  $H$  là toán tử Hamiltonian của hệ phân tử và các trường laser được xác định theo biểu thức (2). Trong giới hạn bài toán, chúng ta xem các chuyển động của các phân tử là nhỏ so với độ lệch của các trường và do đó bỏ qua hiệu ứng Doppler.

$$H = \hbar\Omega_p(|1\rangle\langle 2| + |2\rangle\langle 1|) + \hbar\Delta_p|1\rangle\langle 1| + \hbar\Omega_c(|2\rangle\langle 3| + |3\rangle\langle 2|) + \hbar\Delta_c|3\rangle\langle 3| \quad (2)$$

Hệ phân tử xét trong bài toán này có 3 mức nên phương trình (1) là một hệ gồm  $3 \times 3 = 9$  phương trình cho các phần tử ma trận mật độ  $\rho_{ik}$ . Tuy nhiên, vì chỉ quan tâm

đến phần tử ma trận ứng với dịch chuyển tạo bởi chùm dò nên ta chỉ cần viết 6 phương trình cho các phần tử ma trận mật độ liên quan đến dịch chuyển giữa trạng thái  $|1\rangle$  với hai trạng thái còn lại. Trong gần đúng sóng quay và gần đúng lưỡng cực điện, bỏ qua các biến đổi trung gian, hệ 6 phương trình này có thể đưa được về dạng:

$$\dot{\rho}_{11} = i\Omega_p(\rho_{12} - \rho_{21}) - W_1\rho_{11}, \quad (3a)$$

$$\dot{\rho}_{12} = i\Omega_p(\rho_{11} - \rho_{22}) - d_1\rho_{12} + i\Omega_c\rho_{13}, \quad (3b)$$

$$\dot{\rho}_{13} = i\Omega_c\rho_{12} - d_2\rho_{13} - i\Omega_p\rho_{23}, \quad (3c)$$

$$\dot{\rho}_{22} = -i\Omega_p(\rho_{12} - \rho_{21}) + i\Omega_c(\rho_{23} - \rho_{32}) + W_{12}\rho_{11} + W_{32}\rho_{33} - w_t(\rho_{22} - \rho_{22}^e) \quad (3d)$$

$$\dot{\rho}_{23} = -i\Omega_p\rho_{13} + i\Omega_c(\rho_{22} - \rho_{33}) - d_3\rho_{23}, \quad (3e)$$

$$[\dot{\rho}]_{33} = -i\Omega_c(\rho_{23} - \rho_{32}) - W_3^t \rho_{33} \quad (3f)$$

$$\text{với: } d_1 = i\Delta_p + \gamma_{12}^t,$$

$$d_2 = i\Delta_p - i\Delta_c + \gamma_{13}^t,$$

$$d_3 = -i\Delta_c + \gamma_{23}^t,$$

$$W_i^t = W_i + w_t,$$

$$\gamma_{ij}^t = \gamma_{ij} + w_t$$

Các phương trình (3a)-(3f) là hệ phương trình mô tả sự phụ thuộc theo thời gian của các phân tử ma trận mật độ cho hệ phân tử kim loại kiềm.

Giả thiết rằng hai trường laser là hoạt động ở chế độ liên tục nên chỉ sau một khoảng thời gian rất ngắn thì điều kiện dừng được thiết lập (đạo hàm của các phân tử ma trận  $\rho_{ik}$  sẽ triệt tiêu). Đồng thời, công suất của chùm laser dò được chọn là rất bé (công suất cỡ  $\mu\text{W}$ ) so với công suất chùm laser điều khiển (công suất cỡ  $\text{mW}$ ) nên độ cư trú của nguyên tử ở các trạng thái kích thích sẽ nhỏ hơn rất nhiều so với trạng thái cơ bản  $|2\rangle$ , vì vậy  $\rho_{22} = 1$  và  $\rho_{11} = \rho_{33} = 0$ .

Giải hệ các phương trình (3a)-(3f) đồng thời sử dụng các giả thiết này ta tìm được:

$$\rho_{12} = \frac{i(\Omega_p \Omega_c^2 - \Omega_p d_2 d_3)}{\Omega_c^2 d_3 + d_1 d_2 d_3} = \frac{A + iB}{C + iD} \quad (5)$$

$$\text{với } A = \Omega_p [\Delta_c \gamma_{13}^t - \gamma_{23}^t (\Delta_p - \Delta_c)]$$

$$B = \Omega_p [(\Delta_p - \Delta_c) \Delta_c - \Omega_c^2 - \gamma_{13}^t \gamma_{23}^t]$$

$$C = \gamma_{23}^t \Omega_c^2 + \gamma_{12}^t [(\Delta_p - \Delta_c) \Delta_c + \gamma_{13}^t \gamma_{23}^t]$$

$$- \Delta_p [\gamma_{23}^t (\Delta_p - \Delta_c) - \Delta_c \gamma_{13}^t]$$

$$D = \Delta_p [(\Delta_p - \Delta_c) \Delta_c + \gamma_{13}^t \gamma_{23}^t] + \gamma_{12}^t$$

$$(\Delta_p \gamma_{23}^t - \Delta_c \gamma_{23}^t - \Delta_c \gamma_{13}^t) - \Delta_c \Omega_c^2$$

### 3. Hệ số hấp thụ của môi trường phân tử kim loại kiềm

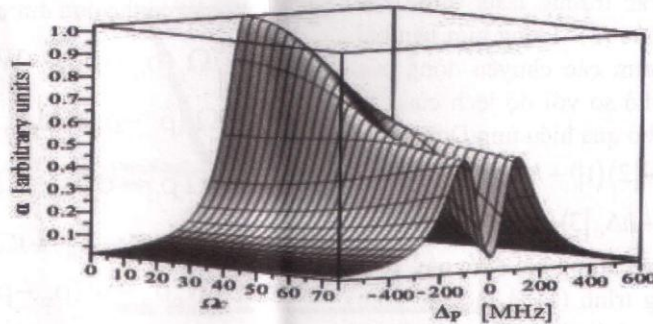
Theo hệ thức Kramer-Kronig, phần thực và phần ảo của độ cảm liên hệ trực tiếp tương ứng với hệ số tán sắc và hệ số hấp [1].

$$\chi = -2 \frac{N d_{21}}{\epsilon_0 E_p} \rho_{21} = \chi' + i\chi'' \quad (6)$$

Hệ số hấp thụ  $\alpha$  của môi trường phân tử kim loại kiềm đối với chùm dò được xác định qua phần ảo của độ cảm tuyến tính (6):

$$\alpha = \frac{\chi'' \omega_p}{c} = \frac{\omega_p}{c} \frac{2N d_{12}^2}{\hbar \epsilon_0 \Omega_p} \frac{BC - AD}{C^2 + D^2} \quad (7)$$

Sử dụng biểu thức giải tích (7) chúng ta khảo sát sự hấp thụ của chùm dò theo cường độ của chùm điều khiển  $\Omega_c$  và độ lệch của chùm dò  $\Delta_p$ . Các thông số không thay đổi trong quá trình khảo sát gồm [7] được lấy như sau:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $\Omega_p = 20 \text{ MHz}$ ,  $\gamma_{12}^t = \gamma_{13}^t = \gamma_{23}^t = 81 \text{ MHz}$ , số phân tử  $N = 10^{27}$  phân tử/cm<sup>3</sup>,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ .



Hình 3. Đồ thị ba chiều của hệ số hấp thụ  $\alpha$  theo  $\Delta_p$  và  $\Omega_c$  với  $\Delta_c = 0 \text{ MHz}$

Từ Hình 3 chúng ta thấy khi tăng dần cường độ của chùm điều khiển (tức là tăng tần số  $\Omega_c$ ) thì hệ số hấp thụ của môi trường với chùm dò giảm dần ở vị trí  $\Delta_p = 0$ . Do tốc độ phân rã lớn nên khi giá trị  $\Omega_c$  cỡ 30 MHz đến 35 MHz thì bắt đầu xuất hiện một cửa sổ EIT. Tâm của cửa sổ trong suốt nằm ở giá trị  $\Delta_p = 0$  tức là khi đó tần số của chùm dò cộng hưởng với tần số chuyển mức  $|2\rangle \rightarrow |1\rangle$ . Tiếp tục tăng  $\Omega_c$ , cửa sổ EIT tăng dần độ sâu so với độ hấp thụ cực đại tại thời điểm đó.

#### 4. Kết luận

Trong khuôn khổ lý thuyết bán cổ điển, chúng tôi đã dẫn ra phương trình ma trận mật độ cho hệ phân tử kim loại kiềm cấu hình chữ V dưới tác dụng đồng thời của hai trường laser dò và điều khiển. Sử dụng gần đúng sóng quay và gần đúng tương cực điện, chúng tôi đã tìm nghiệm dưới dạng giải tích cho hệ số hấp thụ của phân tử kim loại kiềm hai nguyên tử khi chùm dò có cường độ bé so với chùm điều khiển. Việc rút ra được biểu thức hệ số hấp thụ sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho các nghiên cứu ứng dụng sau này. Hệ quả là chúng tôi đã khảo sát sự hấp thụ của chùm dò theo cường độ của chùm điều khiển  $\Omega_c$  và độ lệch của chùm dò  $\Delta_p$ . Kết quả cho thấy rằng, với cấu hình chữ V xuất hiện một cửa sổ trong suốt đối với chùm laser dò. Độ sâu/độ rộng hoặc vị trí của các cửa sổ này có thể thay đổi được bằng cách thay đổi cường độ hoặc độ lệch tần số của trường laser điều khiển.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S.E. Harris, J.E. Field, A. Imamoglu, "Nonlinear optical process using electromagnetically induced transparency", **Phys. Rev. Lett.** **64** (1990) 1107.
2. K.J. Boller, A. Imamoglu, S.E. Harris, "Observation of electromagnetically induced transparency", **Phys. Rev. Lett.** **66** (1991) 2593.
3. B.S.Ham, "Nonlinear optics of atoms and electromagnetically induced transparency", **J. Mod. Opt.** **49** (2002) 2477.
4. L.V. Hau, S. E. Harris, Z. Dutton, C.H. Bejroozi, "Light speed reduction to 17 m/s in an ultracold atomic gas" **Nature** **397** (1999) 594.
5. D.A. Braje, V. Balic, S. Goda, G.Y. Yin, S.E. Harris, "Frequency Mixing Using Electromagnetically Induced Transparency in Cold Atoms", **Phys. Rev. Lett.** **93** (2004) 183601.
6. Yong-qing Li and Min Xiao, "Electromagnetically induced transparency in three - level  $\Lambda$  type system in rubidium atoms" **Phys. Rev.** **A51** (1995) R2703-2706.
7. A. Lazoudis, T. Kirova, E. H. Ahmed, L. Li, J. Qi, and A. M. Lyyra, "Electromagnetically induced transparency in an open - type molecular lithium system", **Phys. Rev. A** **82**, (2010) 023812 .
8. H. Li, H. Chen, M. A. Gubin, Y. V. Rostovtsev, V. A. Sautenkov, and M. O. Scully "Vapor pressure dependence of spectral width of EIT in  $\Lambda$ -levels cesium molecular system" **Laser Physics** **20**, (2010) 1725.
9. A. Lazoudis, T. Kirova, E. H. Ahmed, L. Li, J. Qi, and A. M.Lyyra "Electromagnetically induced transparency in an open V-type molecular system" **Phys. Rev. A** **83**, (2011) 063419.

Ngày nhận bài: 21/9/2017

Biên tập xong: 15/10/2017

Duyệt đăng: 20/10/2017