

# PHẢN HUỖNH QUANG CỦA TINH THỂ $AgCl(I)$ KHI HẤP PHỤ TRÊN BỀ MẶT CÁC PHÂN TỬ CHẤT NHUỘM

Nguyễn Thị Kim Chung<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận 7/4/2017; Ngày gửi phản biện 21/4/2017; Chấp nhận đăng 29/6/2017

Email: kimchungphys@gmail.com

## Tóm tắt

Khi bề mặt tinh thể  $AgCl(I)$  hấp phụ các phân tử - tổ hợp phân tử chất nhuộm hình dạng phổ huỳnh quang và phản huỳnh quang không thay đổi. Điều đó chứng minh rằng chúng không làm thay đổi tâm phát xạ. Cường độ huỳnh quang giảm, nhưng cường độ phản huỳnh quang tăng lên đáng kể. Vị trí đỉnh phổ kích thích phản huỳnh quang tương tự đỉnh phổ hấp thụ của các phân tử chất nhuộm đơn lẻ hoặc liên hợp của chúng. Như vậy các phân tử thuốc nhuộm hấp thụ ánh sáng kích thích và tham gia vào quá trình kích thích huỳnh quang.

**Từ khóa:** phản huỳnh quang, phân tử chất nhuộm, hấp phụ.

## Abstract

### ANTI-FLUORESCENCE OF THE $AgCl(I)$ CRYSTAL WHEN ABSORBED ON THE $AgCl(I)$ CRYSTAL SURFACE BY THE DYE MOLECULES

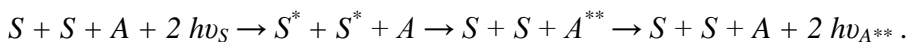
When the surface of the  $AgCl(I)$  crystal adsorbs the molecules - molecule complexes of dye with the shape of fluorescent spectra and anti-fluorescent spectra do not change. Proving that they do not change the radiative centre. Fluorescent intensity decreases, but anti-fluorescent intensity increases significantly. The position of the crest spectrum stimulates anti-fluorescent spectra similar to the crest of spectrum of the absorption of individual dye molecules or complexes. It is proved that the dye molecules absorb light and stimulate participation in the process of fluorescent excitation.

## 1. Giới thiệu

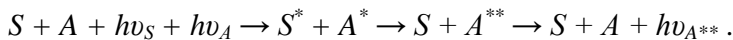
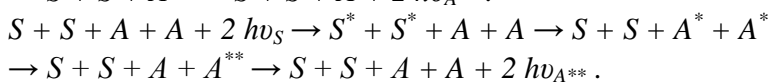
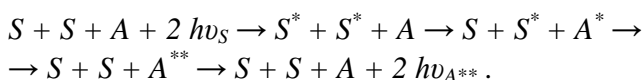
Đầu những năm 60 thế kỉ 20 thực nghiệm đã quan sát được một số chất phát xạ không tuân theo định luật Stokes, khi kích thích ánh sáng vùng hồng ngoại, tinh thể bức xạ ánh sáng ở vùng nhìn thấy. Hiện tượng phản huỳnh quang ngay lập tức được ứng dụng trong các cảm biến hồng ngoại. Đến nay đã phát hiện ra được nhiều chất có tính phản huỳnh quang. Để giải thích cho hiện tượng này có một số cơ chế, phụ thuộc vào cấu tạo hóa học và điều kiện kích thích phản huỳnh quang. Dưới đây chúng ta xem xét một số cơ chế phản huỳnh quang. Cơ chế đơn giản nhất là hấp thụ hai photon bởi một nguyên tử thông qua trạng thái kích thích trung gian. Sơ đồ của nó biểu diễn:  $A + hv_1 \rightarrow A^*$ ,  $A^* + hv_2 \rightarrow A^{**} \rightarrow A + hv_{A^{**}}$ . Cơ chế này được giả thiết bởi các tác giả [1], rằng nó có thể xảy ra với AgI khi được chiếu sáng hoặc không được chiếu sáng bởi tia cực tím UV. Trong trường hợp này trạng thái cơ bản A ở vùng hóa trị, trạng thái  $A^{**}$  còn trạng thái  $A^*$  là các khuyết tật bạc ở bề mặt là bẫy electron và nằm ở trong vùng cấm. Ngoài cơ chế hấp thụ liên tiếp hai photon còn có thể có quá trình cộng chuyển [2], tích lũy

năng lượng ở đó diễn ra sự tích lũy những phần năng lượng giống nhau của một trong hai nguyên tử. Quá trình có thể miêu tả:  $A + A + 2 h\nu_{A^*} \rightarrow A^* + A^* \rightarrow A + A^{**} \rightarrow A + A + h\nu_{A^{**}}$ .

Trong trường hợp này hiệu giữa các mức năng lượng  $A0-A^*$  và  $A^*-A^{**}$  là gần nhau. Cơ chế này được giả định bởi V.V. Ovsyankin, P.P. Feofilov [3], nó giải thích được hiện tượng phản huỳnh quang của AgCl hấp phụ các phân tử chất nhuộm [4]. Quá trình tích lũy năng lượng còn có thể thực hiện bằng con đường cộng gộp năng lượng kích thích từ hai phân tử kích hoạt nhảy theo sơ đồ sau :



Ngoài ra còn có thể có những dạng chuyển đổi năng lượng khác như



Cho đến nay có nhiều nghiên cứu về phản huỳnh quang (ANSTOK) trong các trạng thái ngưng tụ khác nhau [5, 6]. Trong nghiên cứu [7] quan sát hiện tượng phản huỳnh quang ZnS, CdS với ánh sáng kích thích từ 1-1.175 eV với mật độ 0.1w/cm<sup>2</sup>. Ánh sáng kích thích tại 1.3 eV và phản huỳnh quang quan sát ở đỉnh 2.3 eV. Khi cho thêm tạo chất Ag bởi các tác giả [5] thì phổ kích thích phản huỳnh quang bắt đầu từ 1.52 eV và lớn nhất tại 1.8 eV. Như vậy có sự tham gia các tâm tạp chất theo cơ chế nối tiếp hấp thụ hai photon. Trong nghiên cứu [1] quan sát được phản huỳnh quang AgI khi chiếu đèn UV trực tiếp lên tinh thể trước khi kích thích phản huỳnh quang. Nghĩa là khi chiếu trực tiếp đèn UV thì làm tăng các hạt bạc trên bề mặt tinh thể và các trạng thái năng lượng của chúng tham gia vào quá trình phản huỳnh quang. Một dạng phản huỳnh quang mà chúng ta quan tâm nữa đó là khi tinh thể hấp phụ trên bề mặt các phân tử chất nhuộm [1]. Hiện tượng phản huỳnh quang dạng này được quan sát trong tinh thể AgHal, hấp phụ trên bề mặt các phân tử chất nhuộm hấp thụ được ánh sáng trong miền 500-700nm [1]. Trong trường hợp này quan sát được sự xuất hiện hiện tượng phản huỳnh quang khi được kích thích ánh sáng nằm trong miền hấp thụ của phân tử thuốc nhuộm. Đối với AgI, AgBr(I) hấp phụ phân tử thuốc nhuộm MB thì phổ kích thích phản huỳnh quang và phổ hấp thụ của phân tử chất nhuộm trùng nhau về hình dạng và vị trí cân bằng. Và có thể kết luận rằng đầu tiên các phân tử thuốc nhuộm hấp thụ ánh sáng kích thích [8]. Trong nghiên cứu [9] thấy rằng khi hấp phụ đồng thời các phân tử thuốc nhuộm MB với các hạt nano bạc cường độ phản huỳnh quang được tăng lên. Như vậy các trạng thái của tạp chất trong vùng cấm và các phân tử thuốc nhuộm hấp phụ trên bề mặt tinh thể tham gia vào quá trình phản huỳnh quang. Trong bài viết này chúng tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của các phân tử thuốc nhuộm hấp phụ lên bề mặt tinh thể đến tính nhạy phản huỳnh quang của tinh thể AgCl(I) khi hấp thụ các phân tử chất nhuộm.

## 2. Mẫu vật và phương pháp thực nghiệm

### 2.1. Mẫu vật

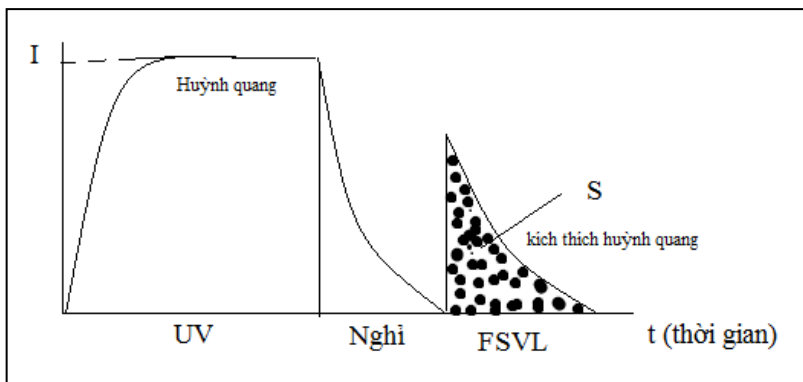
Tinh thể AgCl(I) được chế tạo theo phương pháp Bridzlena [10]. Rót từ từ hai dung dịch AgNO<sub>3</sub> và (KCl và KI) khuấy đều ở nhiệt phòng. Sau đó rửa kết tủa bằng nước lọc và sấy khô. Tạo ra các hạt nano bạc trên bề mặt tinh thể bằng cách chiếu trực tiếp đèn 100W ở nhiệt độ phòng trong thời gian 10 giây, 100 giây [11]. Trong khảo sát này sử dụng các thuốc nhuộm là

Methylene blue (MB), Malachite green (MG) là nhóm thuốc nhuộm dương; methyl orange (MO), congo red (CR)- thuốc nhuộm âm. Hấp phụ trên bề mặt tinh thể các phân tử thuốc nhuộm bằng cách pha dung dịch các phân tử thuốc nhuộm Mg, Mb, Kr, Mo trong dung dịch nước, rót từ từ vào lọ đen chứa AgCl(I) theo các tỉ lệ mol  $n_{dye} / n_{AgCl}$  khác nhau. Ủ khô trong phòng tối đến khi hỗn hợp AgCl và chất nhuộm khô.

**2.2. Phương pháp thực nghiệm**

Sử dụng các phương pháp khảo sát đo phổ hấp thụ, phổ huỳnh quang, kích thích huỳnh quang, kích thích phản huỳnh quang. Phổ hấp thụ dung dịch thuốc nhuộm bằng máy V-770-JASCO. Phổ huỳnh quang, kích thích huỳnh quang, phản huỳnh quang bằng hệ thiết bị đo huỳnh quang trong chân không ở 77 K, ghi tín hiệu qua máy phân tích phổ bằng cách đếm số photon với ống nhân quang FEU-79, và máy đơn sắc ISP-51. Nguồn kích thích tử ngoại (UV), kích thích huỳnh quang bằng đèn thủy ngân DRK-120, đèn SI-200U và hệ thống kính lọc. Phương pháp đo được trình bày chi tiết trong [12, 13]. Quy trình đo được mô tả như hình 1. Đầu tiên tinh thể được kích thích UV với bước sóng  $\lambda = 365nm$ , sau khoảng 10s thì đo phổ huỳnh quang (PL). Đối với phổ phản huỳnh quang thì tương tự huỳnh quang tuy nhiên ánh sáng kích thích không phải tia UV mà là các ánh sáng có năng lượng nhỏ hơn năng lượng phát xạ. Sau khi tắt ánh sáng kích thích UV, diễn ra quá trình tắt dần huỳnh quang (10s). Tiếp tục kích thích các bước sóng lần lượt trong khoảng từ 0.6-2 eV để đo phổ kích thích huỳnh quang (FSVL). Phổ FSVL cho phép khảo sát mật độ các mức năng lượng vùng cấm.

**Hình 1.** Quy trình đo phổ huỳnh quang, phản huỳnh quang

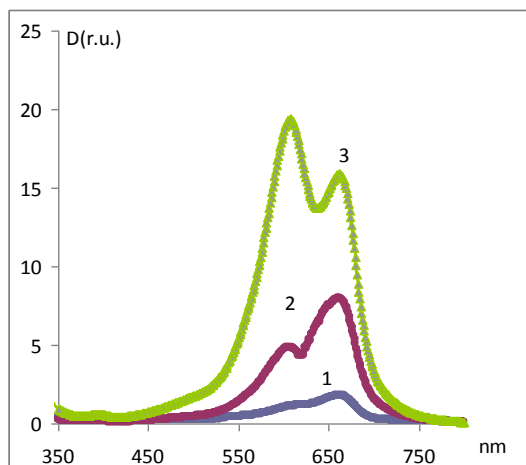


**3. Kết quả và thảo luận**

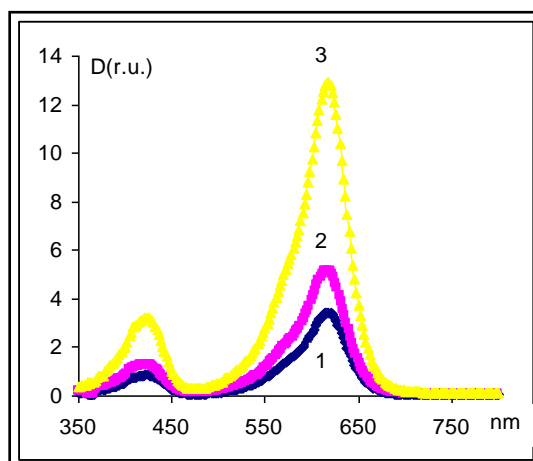
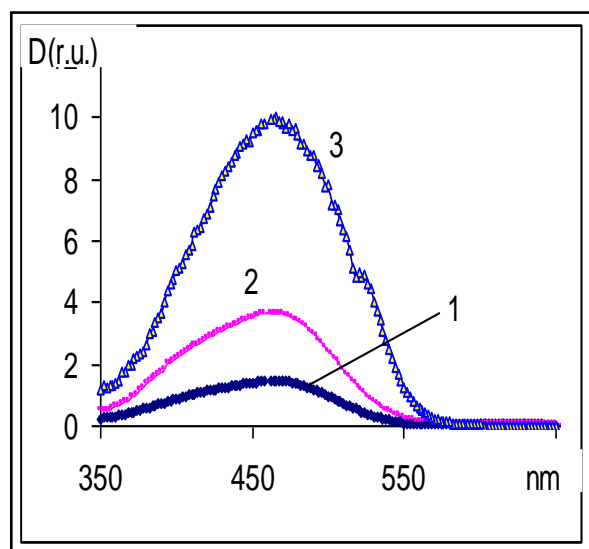
**3.1. Phổ hấp thụ phân tử chất nhuộm trong dung dịch nước cất.**

Tiến hành khảo sát phổ hấp thụ của các phân tử thuốc nhuộm trong nước, với các nồng độ khác nhau (hình 2, 3, 4, 5) đối với từng thuốc nhuộm.

**Hình 2.** Phổ hấp thụ thuốc nhuộm MB trong dung dịch nước: 1- nồng độ  $10^{-5} mol / l$ , 2-  $10^{-4} mol / l$ , 3-  $10^{-3} mol / l$

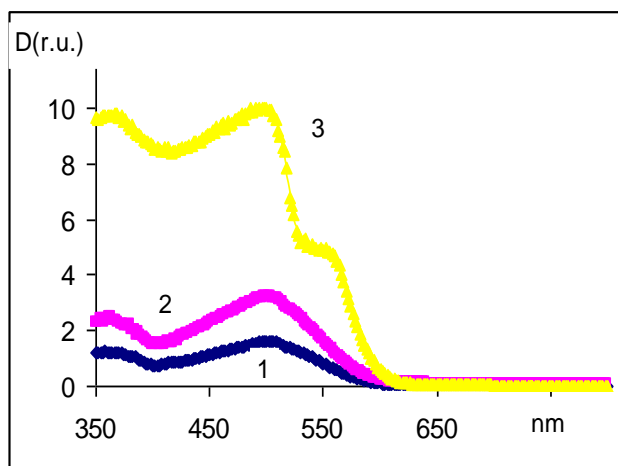


**Hình 3.** Phổ hấp thụ thuốc nhuộm MG trong dung dịch nước: 1- nồng độ  $10^{-5} \text{ mol/l}$ , 2-  $10^{-4} \text{ mol/l}$ , 3-  $10^{-3} \text{ mol/l}$



**Hình 4.** Phổ hấp thụ thuốc nhuộm MO trong dung dịch nước: 1- nồng độ  $10^{-5} \text{ mol/l}$ , 2-  $10^{-4} \text{ mol/l}$ , 3-  $10^{-3} \text{ mol/l}$

**Hình 5.** Phổ hấp thụ thuốc nhuộm CR trong dung dịch nước: 1- nồng độ  $10^{-5} \text{ mol/l}$ , 2-  $10^{-4} \text{ mol/l}$ , 3-  $10^{-3} \text{ mol/l}$



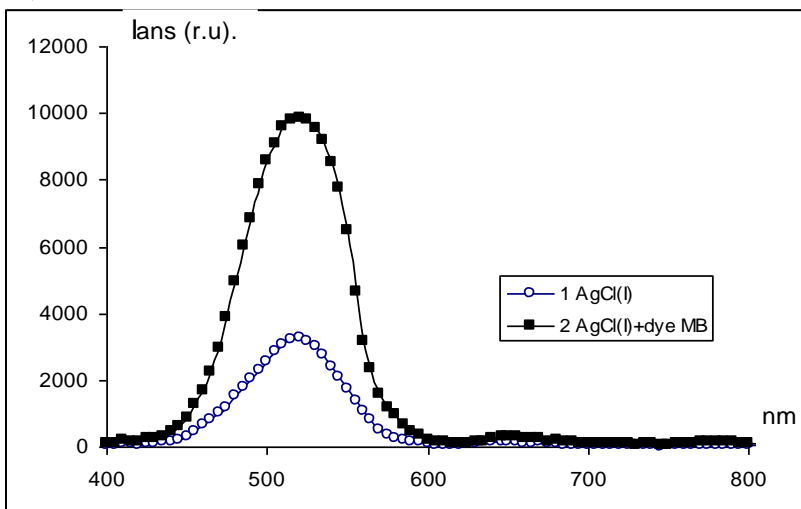
Hấp phụ phân tử thuốc nhuộm lên bề mặt AgHal thường diễn ra trong dung dịch nước hoặc rượu. Phổ hấp thụ thuốc nhuộm trong dung dịch và trên bề mặt tinh thể gần giống nhau. Phổ hấp thụ mở rộng và đỉnh dịch chuyển về phía bước sóng dài 20-60nm so với đỉnh hấp thụ của thuốc nhuộm trong dung dịch, điều này được giải thích do sự khác nhau năng lượng liên kết của thuốc nhuộm với dung dịch và bề mặt tinh thể. Khi nồng độ thuốc nhuộm thấp ( $<10^{-5} \text{ mol/l}$ ) thì xuất hiện phổ M, vị trí, đỉnh phổ không phụ thuộc vào nồng độ [14]. Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm thì xuất hiện vùng phổ mới, và phụ thuộc vào nồng độ, nhiệt độ, bản chất thuốc nhuộm và bề mặt hấp phụ, và phổ M yếu đi. Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm thì một số thuốc nhuộm tạo thành các tổ hợp H (ví dụ trường hợp hai phân tử thuốc nhuộm kết hợp lại) và xuất hiện phổ hấp thụ về phía bước sóng ngắn; hoặc tạo thành tổ hợp J, phổ hấp thụ dịch chuyển về bước sóng dài so với phổ hấp thụ của phân tử. Một số phân tử thuốc nhuộm tổ hợp J không tạo thành trong dung dịch nhưng có thể xuất hiện khi hấp phụ trên bề mặt [15]. Khi nồng

độ thuốc nhuộm ở nồng độ thấp quan sát được các vùng hấp thụ thuộc đỉnh M. Đối với MB  $\lambda_{max} = 662\text{nm}$ , MG mạnh ở 550nm đến 700nm  $\lambda_{max} = 618\text{nm}$ , và vùng từ 400 đến 500nm có  $\lambda_{max} = 442\text{nm}$ , CR tại các đỉnh 360nm và 500nm, MO 463nm. Khi tăng nồng độ ta thấy xuất hiện các các đỉnh phổ J và H. Đối với MB xuất hiện đỉnh H có  $\lambda_{max} = 596\text{nm}$ , MO xuất hiện đỉnh phổ J tại 527nm, CR tại 561nm tuy nhiên đỉnh phổ không rõ ràng. (hình 2,3,4,5).

**3.2. Phổ phản huỳnh quang, kích thích phản huỳnh quang.**

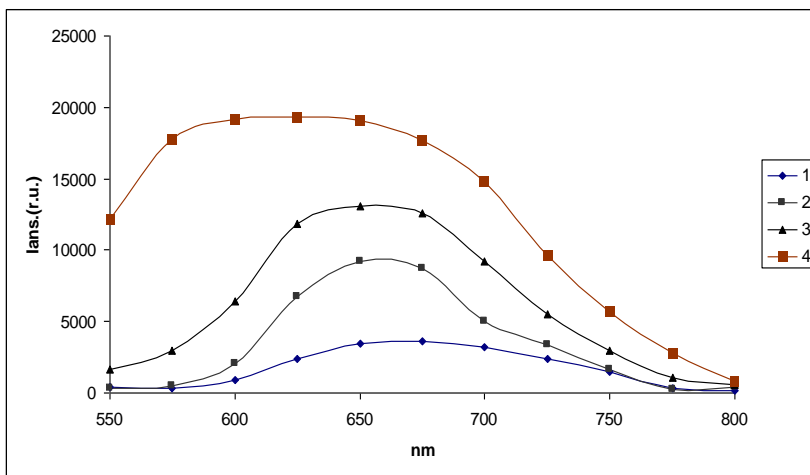
Khi hấp phụ trên bề mặt các phân tử thuốc nhuộm, không làm thay đổi hình dạng phổ mà chỉ thay đổi về cường độ huỳnh quang [16]. Phổ phản huỳnh quang cũng có hình dạng phổ như phổ huỳnh quang. Như vậy khi hấp phụ trên bề mặt tinh thể các phân tử thuốc nhuộm không làm thay đổi tâm phát xạ.(hình 6)

**Hình 6.** Phổ phản huỳnh quang tinh thể khi hấp phụ phân tử thuốc nhuộm MB nồng độ  $10^{-5}\text{ mol / mol}$

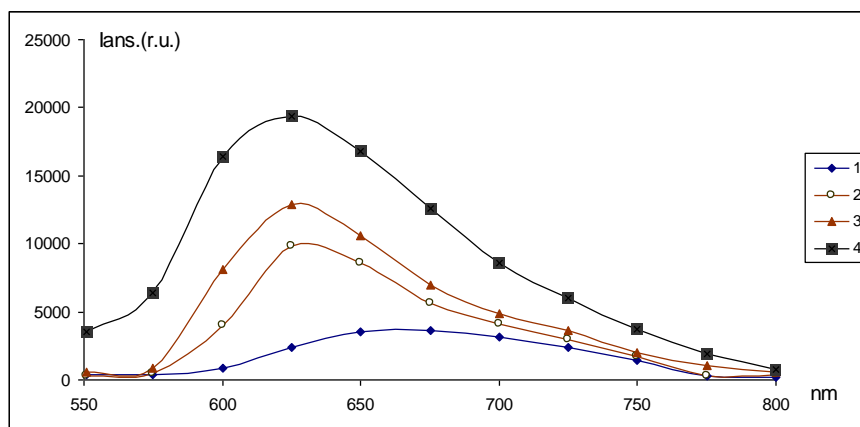


Phổ kích thích phản huỳnh quang với tinh thể AgCl(I) hấp phụ chất nhuộm MB. Với nồng độ  $10^{-5}\text{ mol / mol}$  phổ kích thích phản huỳnh quang nằm ở vùng 650-670nm. Cường độ phổ tăng lên. Tiếp tục tăng nồng độ lên  $10^{-4}\text{ mol / mol}$  cường độ phổ tiếp tục tăng, và phổ bắt đầu mở rộng về phía có bước sóng ngắn hơn. Khi tăng đến  $10^{-3}\text{ mol / mol}$  thì cường độ tăng mạnh ở vùng 605-630 nm, vùng 620-640 bắt đầu giảm. (hình 7). Đối với thuốc nhuộm MG thì biểu hiện tương tự như MB, phổ kích thích trong vùng 600-675nm. Tuy nhiên khi tăng nồng độ thì chỉ tăng về cường độ không làm thay đổi hình dạng phổ.(hình 8).

**Hình 7.** Phổ kích thích phản huỳnh quang AgCl(I) hấp phụ thuốc nhuộm MB: 1- 0, 2-  $10^{-5}\text{ mol / mol}$ , 3-  $10^{-4}\text{ mol / mol}$ , 4-  $10^{-3}\text{ mol / mol}$

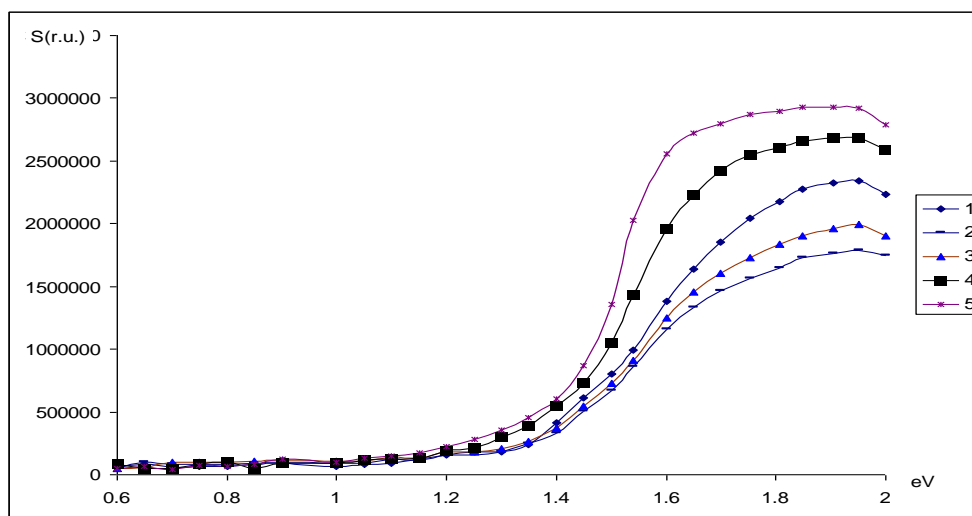


**Hình 8.** Phổ kích thích phản huỳnh quang  $AgCl(I)$  hấp phụ thuốc nhuộm MG: 1- 0,  $2-10^{-5} mol / mol$ ,  $3-10^{-4} mol / mol$ ,  $4-10^{-3} mol / mol$



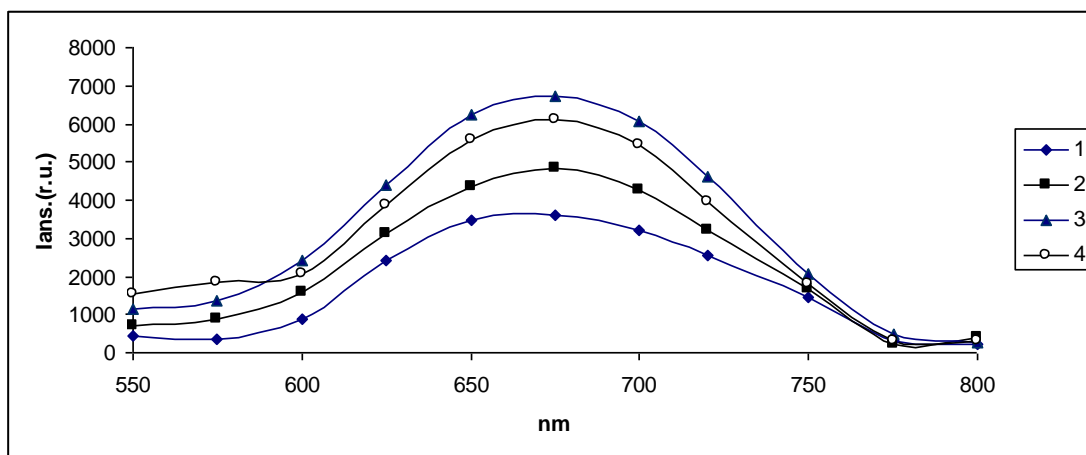
Phân tích phổ hấp thụ các phân tử thuốc nhuộm (hình 2,3,4,5) trong nước ta thấy rằng phổ kích thích phản huỳnh quang có biểu hiện tương tự như phổ kích thích phản huỳnh quang. Khi nồng độ thuốc nhuộm ở nồng độ thấp quan sát được các vùng hấp thụ thuốc đỉnh M. Đối với MB  $\lambda_{max}=662nm$ , MG mạnh ở 550nm đến 700nm  $\lambda_{max}=618nm$ , và vùng từ 400 đến 500nm có  $\lambda_{max}=442 nm$ . Nồng độ thuốc nhuộm MB tăng xuất hiện phổ hấp thụ ở vùng bước sóng ngắn 596nm, phổ kích thích huỳnh quang dịch chuyển về vùng 605-630 nm. Như vậy các phân tử thuốc nhuộm hấp thụ photon trong vùng hấp thụ của chúng và có thể truyền năng lượng hoặc electron cho tinh thể, tham gia vào quá trình kích thích phản huỳnh quang.

Phổ kích thích huỳnh quang đối với thuốc nhuộm kation MB, MG ta thấy rằng mật độ mức năng lượng giảm trong vùng 1.4-2 eV (hình 9). Điều này là do có khi hấp phụ các kation thuốc nhuộm chiếm giữ các điện tích của tinh thể [17].

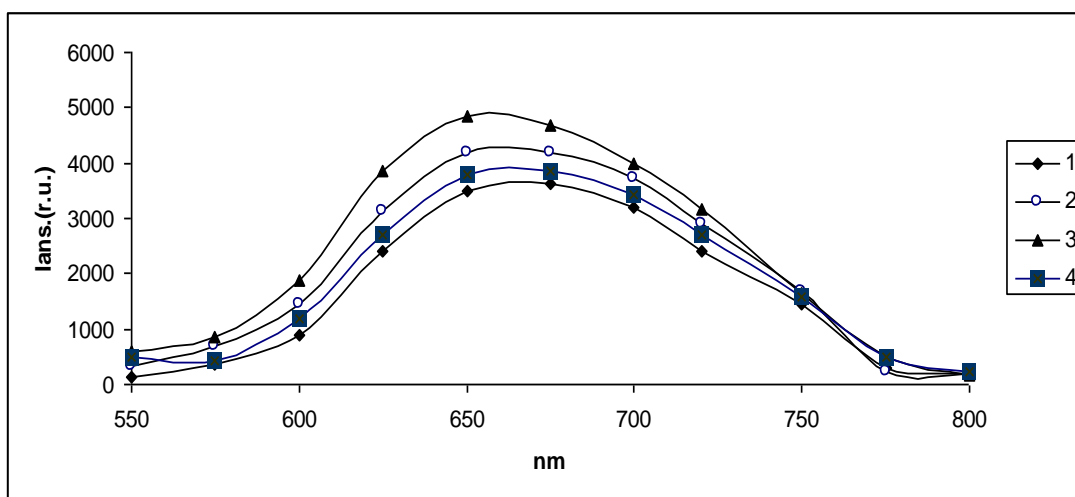


**Hình 9.** Phổ kích thích huỳnh quang 1-  $AgCl(I)$ , 2-  $AgCl(I)+dye MB$ , 3-  $AgCl(I)+dye MG$ , 4-  $AgCl(I)+dye MO$ , 5-  $AgCl(I)+dye CR$  với nồng độ  $10^{-5} mol / mol$

Đối với thuốc nhuộm CR và MO thì khi cường độ phản huỳnh quang tăng lên. Phổ kích thích phản huỳnh quang tương tự phổ của tinh thể khi chưa được hấp phụ các phân tử thuốc nhuộm (hình 10, 11). Khi tăng nồng độ lên phổ kích thích phản huỳnh quang không thay đổi hình dạng phổ. Đối với CR tại đỉnh phổ 575 biểu hiện không lớn.



**Hình 10.** Phổ kích thích phản huỳnh quang  $AgCl(I)$  hấp phụ thuốc nhuộm CR: 1- 0,  $2 \cdot 10^{-5}$  mol / mol ,  $3 \cdot 10^{-4}$  mol / mol ,  $4 \cdot 10^{-3}$  mol / mol



**Hình 11.** Phổ kích thích phản huỳnh quang  $AgCl(I)$  hấp phụ thuốc nhuộm MO: 1- 0,  $2 \cdot 10^{-5}$  mol / mol ,  $3 \cdot 10^{-4}$  mol / mol ,  $4 \cdot 10^{-3}$  mol / mol

Sự tăng cường độ này có thể do các anion thuốc nhuộm truyền điện tích cho tinh thể.[17]. Riêng đối với CR tại vùng 550-600nm có xuất hiện đỉnh phổ kích thích phản huỳnh quang nhưng không đáng kể điều này phù hợp với phổ hấp thụ của thuốc nhuộm trong nước với CR tại các đỉnh 360nm và 500nm, MO 463nm. Khi tăng nồng độ với MO xuất hiện đỉnh phổ J tại 527nm, CR tại 561nm tuy nhiên đỉnh phổ không rõ ràng. Như vậy đối với các phân tử thuốc nhuộm hấp phụ trên bề mặt tinh thể làm thay đổi cường độ và phổ kích thích tại các vùng mà phân tử thuốc nhuộm hấp phụ. Điều này sẽ là cơ sở để lựa chọn loại thuốc nhuộm để tăng tính nhạy quang của vật liệu huỳnh quang.

#### 4. Kết luận

Khi hấp phụ các phân tử thuốc nhuộm chúng không làm thay đổi hình dạng phổ phản huỳnh quang nhưng làm thay đổi về cường độ phổ phản huỳnh quang và hình dạng phổ kích thích phản huỳnh quang. Khi tăng nồng độ thuốc nhuộm chúng có thể tạo thành các liên hợp các phân tử, trong phổ hấp thụ xuất hiện vùng hấp thụ mới. Và chúng tham gia vào quá trình phản huỳnh quang thể hiện qua sự dịch chuyển phổ về vùng có xuất hiện đỉnh hấp thụ mới của

các phân tử thuốc nhuộm (MB). Tuy nhiên không phải phân tử thuốc nhuộm nào khi tăng nồng độ cũng liên hợp lại (MG). Và Điều này là thông tin hữu ích cho việc xác định loại hình hấp phụ đề phụ hợp với bước sóng mà vật liệu được kích thích và nồng độ nào thích hợp nhất. Mở ra cơ hội cho việc chế tạo các cảm biến hồng ngoại trong siêu âm chuẩn đoán tế bào.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Akimov I.A., *On the multiphoton mechanism of the spectral Sensitization*, Journal Scientific. And Applied. Photography and cinematography. 1968. - T.13, No. 5. -P.364-365
- [2] Chukova Yu.P. Anti-Stokes luminescence and new possibilities of its application / Yu.P. Chukov. - Moscow: Sov. Radio, - 1980. - 193 p,
- [3] Ovsyankin V.V. Cooperative luminescence of photosynthetic systems / V.V. Ovsyankin, P.P. Feofilov // Biophysics. - 1970. - T. 15, No. 4. p.114-120],
- [4] Ovsyankin V.V. Cooperative processes in luminescent systems / V.V. Ovsyankin, P.P. Feofilov // Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR, a series of physical. - 1973. - P. 37, No. 2. - p. 262-272.
- [5] Brown M.R. Stokes and anti-Stokes excited visible emission in cadmium sulphide: silver /M.R. Brown [etc.] // J. of Luminescence. – 1970. – V. 1,2. – P. 78-81.
- [6] Ovsyankin V.V. Cooperative sensitization of luminescence Halide salts and spectral sensitization of photographic Emulsions / V.V. Ovsyankin, P.P. Theophilov // Dokl. Academy of Sciences of the USSR. - 1967. - T.174, №4. - P.787-790.
- [7] Halsted R.E. Two-stage optical excitation in sulfide phosphors / R.E. Halsted,E.F. Apple, J.S. Prener // Phys. Rev. Letts. – 1959. – V.2. – P. 420-421
- [8] Ovsyankin V.V. Cooperative sensitization of luminescence Halide salts and spectral sensitization of photographic Emulsions / V.V. Ovsyankin, P.P. Theophilov // Dokl. Academy of Sciences of the USSR. - 1967. - T.174,№4. - P.787-790.
- [9] A.N. Latyshev, Nguyen Thi Kim Chung. Enhancement of anti-stokes sensitized luminescence in AgCl(I) crystals in the presence of silver nanoparticles. Journal of Applied Spectroscopy”, 2011, Vol. 78, No. 6. P. 909-914.
- [10] Meiklar P.V. Physical processes in the formation of latent Photographic image/ P.V. Mecklar. - Moscow: The science, 1972. -400 p.
- [11] Curie, D., Luminescence of crystals, J. Curie. -M.: 1961. -199c.
- [12] Latyshev A.N. Photostimulated luminescence flare and luminescence mechanism in silver halides. Journal of Scientific and Applied Photography. - 2001. - T. 46, No. 5. - p. 13-17.
- [13] Nguyen Thi Kim Chung, A.N. Latyshev. Luminescent method for research of deep electronic state. Vestnik VSU - 2011, - №1. - p. 51-58.
- [14] Akimov I.A. Sensitized photoeffect. I.A. Akimov, Yu.A. Cherkasov, M.I. Cherkashin. - Moscow: Nauka, 1980. – 384 p.32-49
- [15] James T. H. Theory of the photographic process / T.X. James. - L.: Chemistry, - 1980. - 672p.
- [16] Nguyễn Thị Kim Chung và nnk, *Sự ảnh hưởng đến tính chất huỳnh quang tinh thể AgCl(I) hấp phụ trên bề mặt các hạt nano bạc và các phân tử chất nhuộm*, Tạp chí Đại học Thủ Dầu Một, số 32 (2017)-p. 206-210.
- [17] A.N.Latyshev, Nguyen Thi Kim Chung and et. Characteristic features of charge transfer in the interaction between sensitizer molecules and AgCl(I) molecules. Journal of Applied Spectroscopy”-2011, T 78.p. 454-460