

# TỔNG HỢP VÀ HOẠT TÍNH XÚC TÁC CỦA COMPOSITE CuO/ZnO/C TRÊN CƠ SỞ VẬT LIỆU ZIF-7 DOPING Cu(II)

HOÀNG VĂN ĐỨC\*, NGUYỄN HỒ NGỌC THU,  
NGUYỄN THỊ ANH THU, NGUYỄN LÊ MỸ LINH,  
NGUYỄN ĐÌNH LUYỆN, HÀ THÙY TRANG, PHẠM YÊN KHANG,  
Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế  
\*Email: hoangvanduc@dhsphue.edu.vn

**Tóm tắt:** Trong bài báo này, composite CuO/ZnO/C được tổng hợp bằng phương pháp nhiệt phân trên cơ sở vật liệu ZIF-7 doping Cu(II). Ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến thành phần pha của composite cũng đã được khảo sát. Vật liệu tổng hợp được đặc trưng cấu trúc và tính chất bằng các phương pháp: nhiễu xạ tia X (XRD) và phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX). Kết quả cho thấy nhiệt độ nung ảnh hưởng đến thành phần pha của vật liệu tổng hợp. Composite CuO/ZnO/C hình thành tối ưu ở 500 °C. Ở nhiệt độ nung cao hơn, một phần CuO sẽ chuyển thành Cu<sub>2</sub>O và Cu. Khả năng hấp phụ và quang xúc tác của composite CuO/ZnO/C tổng hợp cũng được đánh giá. Kết quả thực nghiệm cho thấy vật liệu composite cải thiện hoạt tính hấp phụ rhodamine B so với ZIF-7 (tăng hơn 2 lần). Bên cạnh đó, vật liệu CuO/ZnO/C cũng thể hiện được hoạt tính quang xúc tác phân hủy rhodamine B dưới tác dụng của ánh sáng nhìn thấy.

**Từ khoá:** CuO/ZnO/C, ZIF-7, hấp phụ, quang xúc tác, rhodamine B.

## 1. MỞ ĐẦU

Vật liệu khung hữu cơ–kim loại có cấu trúc tương tự zeolite (zeolitic imidazolate frameworks, ZIFs) là một phân lớp của họ vật liệu khung hữu cơ–kim loại (Metal-Organic Frameworks, MOFs). ZIFs được tạo thành từ các ion kim loại ( $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ , ...) và các phối tử hữu cơ imidazole. Với diện tích bề mặt lớn, hệ thống mao quản đa dạng và độ bền nhiệt cao, ZIFs thể hiện được tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: hấp phụ, xúc tác, điện hóa, lưu trữ và tách chất khí, ... [1, 2, 3]. Những công bố gần đây còn cho thấy rằng, ZIFs có thể được sử dụng như là tiền chất để tổng hợp các nano oxide kim loại [4]. Bên cạnh đó, với khả năng chức năng hóa linh động bằng các ion kim loại khác nhau, ZIFs cũng được sử dụng như là tiền chất tiềm năng để tổng hợp các vật liệu nanocomposite đa thành phần [5, 6]. Hơn nữa, vì ZIFs chứa các cầu nối hữu cơ, nên khi nhiệt phân trong môi trường khí trơ sẽ tạo ra các nguyên tử carbon xốp với các hạt nano phân tán tốt. Ngoài ra, cấu trúc xốp của ZIFs còn cung cấp sự kết hợp của các thành phần chức năng hóa vào các “lồng” (mao quản) của chúng trước khi nhiệt phân, dẫn đến các sản phẩm pha tạp đa dạng [7]. ZIF-7 được tạo thành từ các ion Zn(II) và phối tử hữu cơ benzimidazole. ZIF-7 có cấu trúc kiểu SOD nên có độ bền nhiệt và thủy nhiệt cao, hứa hẹn cho việc biến tính dễ dàng. Vì thế, ZIF-7 là một trong những loại vật liệu ZIFs nhận được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trong lĩnh vực xúc tác và hấp phụ [3, 8, 9].

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả tổng hợp vật liệu composite CuO//ZnO/C dựa trên cơ sở vật liệu ZIF-7 pha tạp Cu(II) và đánh giá hoạt tính quang xúc tác của vật liệu tổng hợp được.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Hoá chất

Các hoá chất sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (Guangdong, Trung Quốc), Cu(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O (Merck, Đức), benzimidazole (Shanghai, Trung Quốc), ethanol (Xilong, Trung Quốc), dung dịch NH<sub>3</sub> 25% (Xilong, Trung Quốc) và rhodamine B (Merck, Đức).

### 2.2. Tổng hợp vật liệu

Vật liệu composite CuO/ZnO/C được tổng hợp qua 2 giai đoạn.

*Giai đoạn 1, tổng hợp vật liệu Cu-ZIF-7:* Vật liệu Cu-ZIF-7 được tổng hợp theo quy trình tổng hợp ZIF-7 của M. He và cộng sự [9], có sự điều chỉnh: Hòa tan 0,4599 g Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O và 0,1800 g Cu(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O trong 13 mL ethanol thu được dung dịch (1), hòa tan 0,7200 g benzimidazole trong 38 mL ethanol thu được dung dịch (2). Cho dung dịch (1) vào dung dịch (2), thêm vào đó 3,84 mL dung dịch ammonia (25%), khuấy hệ trong 10 phút ở nhiệt độ phòng. Kết tủa được rửa bằng ethanol, sau đó sấy khô ở 80 °C.

*Giai đoạn 2, tổng hợp composite CuO/ZnO/C:* Vật liệu CuO/ZnO/C được tổng hợp bằng phương pháp nhiệt phân. Nung yếm khí Cu-ZIF-7 trong 2 giờ ở các nhiệt độ khác nhau (400, 500 và 600 °C) với tốc độ gia nhiệt 4 °C/phút thu được các vật liệu CuO/ZnO/C. Kí hiệu mẫu tương ứng là COM.400, COM.500 và COM.600.

Để so sánh, vật liệu ZIF-7 cũng được tổng hợp theo quy trình tổng hợp Cu-ZIF-7 mà không sử dụng Cu(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O.

### 2.3. Đặc trưng vật liệu tổng hợp và thử hoạt tính hấp phụ, xúc tác

Các vật liệu tổng hợp được đặc trưng bằng các phương pháp: Phổ XRD được ghi trên máy nhiễu xạ Ronghen VNU-D8 Advance (Bruker, Germany), sử dụng nguồn bức xạ CuK<sub>α</sub> với bước sóng  $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ , góc quét  $2\theta$  thay đổi từ 2 – 80°; ảnh SEM ở các độ phóng đại khác nhau được đo bằng thiết bị SEM JED 2300 và phổ EDX được đo trên máy SEM JED 2300.

Khả năng hấp phụ của các vật liệu tổng hợp được đánh giá qua sự hấp phụ rhodamine B (RhB) từ dung dịch nước. Cho vào cốc 150 mL dung dịch RhB 10 mg/L, ổn định ở nhiệt độ phòng (25 °C), thêm vào đó 30 mg vật liệu tổng hợp và tiến hành khuấy hỗn hợp trong bóng tối. Sau các khoảng thời gian 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120 và 150 phút, lấy mẫu ly tâm loại chất hấp phụ và xác định nồng độ RhB bằng phương pháp phổ UV-Vis. Dung lượng hấp phụ (DLHP) được tính theo công thức:

$$q = \frac{(C_i - C_t) \cdot V}{m} \quad (1)$$

trong đó,  $C_i$  và  $C_t$  là nồng độ của dung dịch RhB ban đầu và ở thời điểm  $t$  (mg/L),  $V$  là thể tích của dung dịch (mL) và  $m$  là khối lượng chất hấp phụ (mg).

Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu được đánh giá qua khả năng phân huỷ RhB. Cho vào cốc 150 mL dung dịch RhB 10 mg/L, ổn định ở nhiệt độ phòng (25 °C), thêm vào đó 30 mg vật liệu tổng hợp và tiến hành khuấy dung dịch trong bóng tối trong 60 phút để quá trình hấp phụ đạt cân bằng. Sau đó dung dịch được chiếu sáng bằng đèn halogen (250 W, có kính lọc tia UV). Sau các khoảng thời gian 10, 20, 30, 45, 60, 90, 120, và 150 phút, lấy mẫu ly tâm loại chất xúc tác và xác định nồng độ RhB bằng phương pháp phổ UV-Vis. Hiệu suất phân huỷ RhB được tính theo công thức sau:

$$H = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100 \quad (2)$$

trong đó,  $C_i$  (mg/L) và  $C_f$  (mg/L) là nồng độ RhB trước khi chiếu sáng và ở thời điểm  $t$  sau khi chiếu sáng.

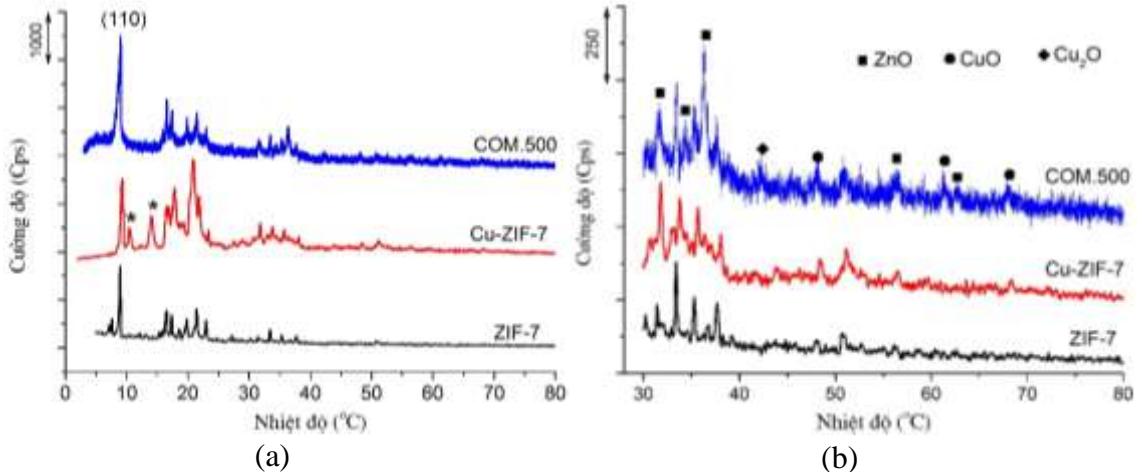
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Cấu trúc của các vật liệu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và CuO/ZnO/C nhiệt phân ở 500 °C (mẫu COM.500) được đặc trưng bằng phổ XRD và kết quả được trình bày ở Hình 1. Giản đồ XRD của mẫu ZIF-7 chứa đầy đủ các peak đặc trưng của loại vật liệu này [3, 9], các peak đều rõ ràng, có cường độ cao và sắc nét, nhất là peak chính ở góc  $2\theta = 8,93^\circ$  ứng với mặt nhiễu xạ (110), chứng tỏ vật liệu ZIF-7 đã được tổng hợp thành công và có độ tinh thể cao. Giản đồ XRD của mẫu Cu-ZIF-7 cũng xuất hiện các peak đặc trưng tương tự mẫu ZIF-7. Ngoài ra, các mẫu này còn xuất hiện một vài peak mới có cường độ yếu, chẳng hạn, peak ở góc  $2\theta = 10,4^\circ$  hay  $2\theta = 13,9^\circ$  (kí hiệu (\*)) ở Hình 1a). Như vậy, vật liệu Cu-ZIF-7 cũng có cấu trúc tương tự ZIF-7, nhưng có thể mẫu này đã xuất hiện thêm pha mới bên cạnh  $Zn(bIm)_2$  của ZIF-7. Tuy nhiên, chúng tôi chưa xác định được thành phần pha mới này. Sau khi nhiệt phân, bên cạnh các peak đặc trưng tương tự ZIF-7 (Hình 1a), mẫu COM.500 còn xuất hiện các peak đặc trưng cho ZnO ( $2\theta = 31,57^\circ, 34,42^\circ, 36,35^\circ, 56,5^\circ$  và  $62,94^\circ$ ) [10, 11] và CuO ( $2\theta = 48,12^\circ, 61,28^\circ$  và  $68,19^\circ$ ) [12, 13]. Ngoài ra, mẫu COM.500 còn xuất hiện 1 peak ở góc  $2\theta = 42,29^\circ$  đặc trưng cho  $Cu_2O$  [13] (Hình 1b). Điều này có thể là do trong quá trình nhiệt phân, sản phẩm của sự cháy/phân hủy chất hữu cơ (C,  $H_2$ ) đã khử một phần CuO về  $Cu_2O$ . Như vậy, mẫu composite tổng hợp có thành phần chính là ZnO và CuO, ngoài ra còn có C (kết quả phân tích EDX bên dưới), nghĩa là composite CuO/ZnO/C đã được tổng hợp và có cấu trúc tương tự ZIF-7.

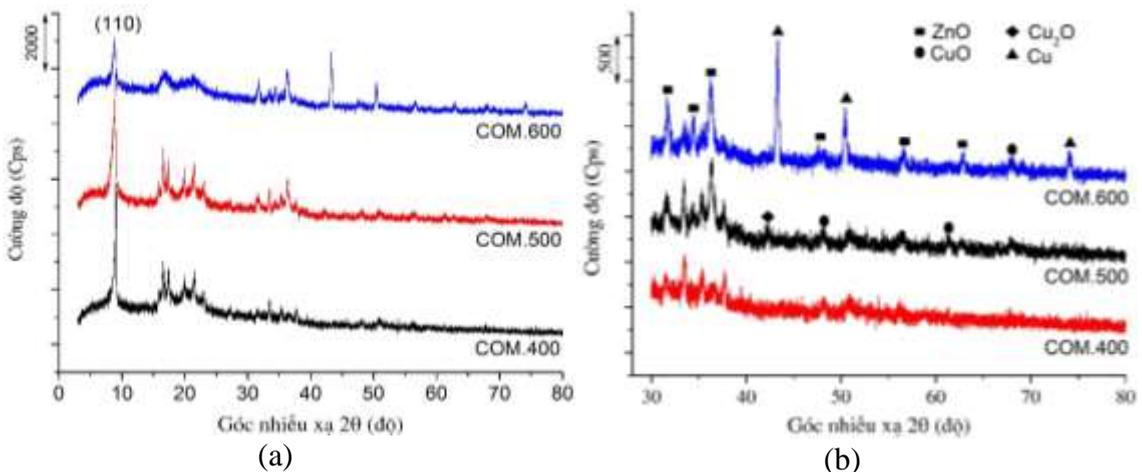
Để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến thành phần pha của vật liệu composite, các mẫu composite đã được tổng hợp ở các nhiệt độ nung khác nhau là 400, 500 và 600 °C. Hình 2 là kết quả phổ XRD của các mẫu này.

Kết quả XRD ở Hình 2 cho thấy, về cơ bản các mẫu composite vẫn duy trì các peak đặc trưng giống ZIF-7 đồng thời xuất hiện thêm các peak của ZnO và CuO như đã trình bày ở trên. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ nung từ 400 lên 500 °C, các peak đặc trưng cho ZnO [10, 11] và CuO [12, 13] xuất hiện rõ ràng hơn, ngoài ra còn xuất hiện thêm các peak đặc trưng cho pha  $Cu_2O$  [13] (Hình 2b). Còn khi tăng nhiệt độ từ 500 lên 600 °C, số peak và

cường độ các peak đặc trưng tương tự ZIF-7 giảm mạnh, trong khi cường độ các peak đặc trưng cho các oxide ZnO và CuO tăng, đặc biệt xuất hiện thêm các peak đặc trưng cho Cu rất rõ ràng và sắc nét ( $2\theta = 43,3^\circ, 50,42^\circ$  và  $74,04^\circ$ ) [13] (Hình 2b). Điều này có thể nhiệt độ tăng đã làm tăng khả năng khử CuO thành Cu của các sản phẩm nhiệt phân ( $C, H_2$ ). Như vậy, nhiệt độ nung  $500^\circ C$  thích hợp cho việc hình thành composite CuO/ZnO/C và duy trì cấu trúc tương tự ZIF-7.



Hình 1. Giảm đồ XRD (a) và XRD góc lớn (b) của các mẫu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và COM.500

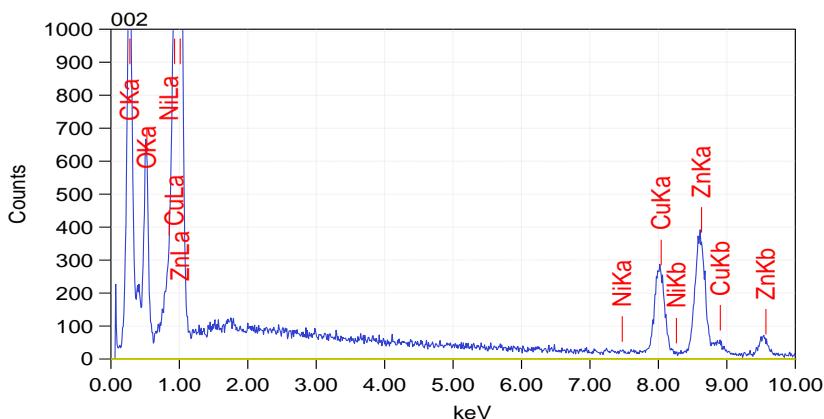


Hình 2. Giảm đồ XRD (a) và XRD góc lớn (b) của các mẫu COM.400, COM.500 và COM.600

Phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX) được sử dụng để phân tích thành phần nguyên tố của mẫu COM.500. Kết quả đặc trưng được trình bày ở Hình 3 và Bảng 1.

Từ Hình 3 và Bảng 1, có thể thấy vật liệu composite tổng hợp có các nguyên tố chủ yếu là C, O, Zn và Cu. Ngoài ra còn có lẫn một lượng rất nhỏ tạp chất Ni. Kết quả EDX khẳng định thêm về sự hình thành composite CuO/ZnO/C sau quá trình nhiệt phân.

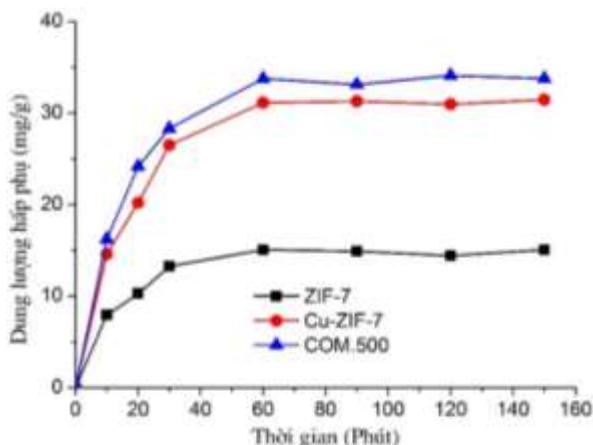
Các vật liệu tổng hợp được đánh giá khả năng hấp phụ thông qua sự hấp phụ RhB từ dung dịch nước. Hình 4 trình bày DLHP RhB của các mẫu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và COM.500 theo thời gian. Có thể thấy khả năng hấp phụ RhB của vật liệu ZIF-7 là không cao, đạt 15,09 mg/g sau 60 phút. Như những công bố trước đây [3, 9], vật liệu ZIF-7 có kích thước mao quản nhỏ trong khi các phân tử RhB có kích thước lớn nên không thể đi vào bên trong các mao quản vật liệu, do đó quá trình hấp phụ chỉ xảy ra ở mặt ngoài, vì vậy mà DLHP không cao. Khả năng hấp phụ RhB của mẫu Cu-ZIF-7 được cải thiện so với ZIF-7, đạt 31,28 mg/g sau 60 phút. Kết quả này có thể là do sự có mặt của Cu(II) đã tạo thêm các tâm hấp phụ trên bề mặt vật liệu làm gia tăng khả năng hấp phụ. Mẫu COM.500 có DLHP RhB cao hơn Cu-ZIF-7 nhưng không nhiều, đạt 33,79 mg/g sau 60 phút. Kết quả ở Hình 4 cũng cho thấy quá trình hấp phụ RhB gần như đạt cân bằng sau 60 phút.



Hình 3. Phổ EDX của mẫu COM.500 tổng hợp

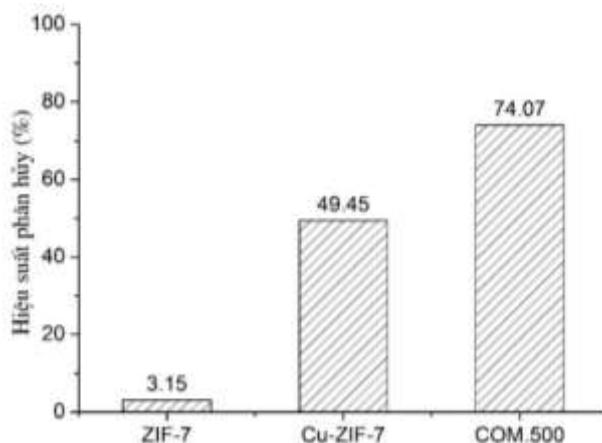
Bảng 1. Thành phần % nguyên tử các nguyên tố có trong mẫu COM.500

Nguyên tố	C	O	Ni	Cu	Zn	Tổng
Thành phần (% nguyên tử)	65,57	23,91	0,08	3,92	6,53	100



Hình 4. DLHP RhB của của các mẫu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và COM.500 theo thời gian

Các vật liệu tổng hợp cũng được đánh giá hoạt tính quang xúc tác qua phản ứng phân hủy RhB dưới tác dụng của ánh sáng nhìn thấy. Hình 5 trình bày hiệu suất phân hủy RhB của các mẫu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và COM.500.



Hình 5. Hiệu suất phân hủy RhB của các vật liệu ZIF-7, Cu-ZIF-7 và COM.500 sau 120 phút

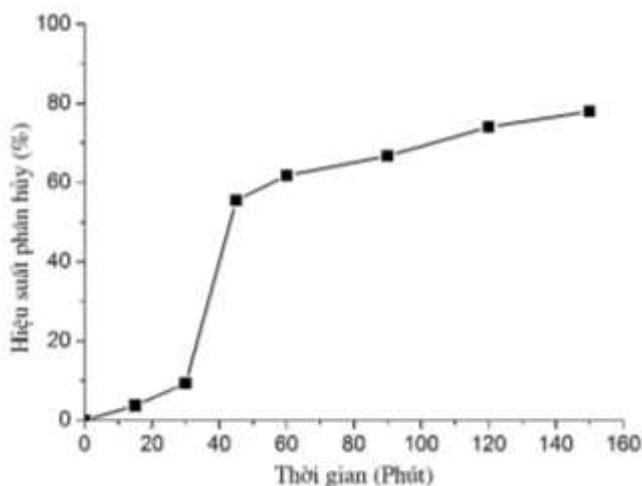
Có thể nhận thấy rằng mẫu ZIF-7 hầu như không thể hiện hoạt tính quang xúc tác dưới tác dụng của ánh sáng nhìn thấy khi hiệu suất phân hủy RhB chỉ đạt 3,15%. Vật liệu ZIFs là một loại vật liệu bán dẫn với năng lượng vùng cấm cao. Theo tính toán, những vật liệu ZIFs có thành phần  $Zn(bIm)_2$  như ZIF-7 có năng lượng vùng cấm lên đến 4,6 eV [14], vì thế chúng hầu như không thể hiện hoạt tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Sau khi doping bằng Cu(II), mẫu Cu-ZIF-7 thể hiện hoạt tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng khả kiến với hiệu suất phân hủy RhB đạt 49,45%. Còn sau khi nhiệt phân tạo composite CuO/ZnO/C mẫu COM.500 đã thể hiện hoạt tính quang xúc tác cao nhất với hiệu suất phân hủy RhB đạt 74,07%. Điều này có thể là do trong vật liệu composite đã hình thành nên các bề mặt tiếp xúc dị thể. Khi nhiệt phân Cu-ZIF-7, lưỡng oxide CuO/ZnO được hình thành trên nền carbon, làm tăng bề mặt tiếp xúc dị thể, dẫn đến sự đan xen năng lượng vùng cấm giữa 2 oxide bán dẫn, làm tăng khả năng hấp thụ ánh sáng trong vùng nhìn thấy, giúp cho sự hình thành cặp electron - lỗ trống quang sinh được dễ dàng hơn [5]. Bên cạnh đó, sự có mặt của carbon làm tăng độ xốp cũng như hạn chế sự tái hợp giữa electron - lỗ trống quang sinh, từ đó tăng hoạt tính quang xúc tác.

Để khảo sát động học của phản ứng quang xúc tác, hiệu suất phân hủy RhB của mẫu COM.500 theo thời gian đã được xác định và trình bày ở Hình 6. Từ kết quả này có thể thấy, hiệu suất phân hủy RhB của vật liệu composite tăng theo thời gian phản ứng. Tuy nhiên, ở khoảng 30 phút đầu, hiệu suất phân hủy không cao, hiệu suất phân hủy chỉ tăng nhanh sau khoảng thời gian này. Như vậy, có thể cần một khoảng thời gian nhất định để chất xúc tác hấp thụ ánh sáng, kích hoạt electron và hình thành các gốc tự do để phân hủy chất màu.

Phản ứng quang xúc tác phân hủy chất màu thường tuân theo trình động học bậc 1. Vì vậy, ở đây phương trình động học bậc 1 cũng đã được sử dụng. Phương trình động học bậc 1 có dạng:

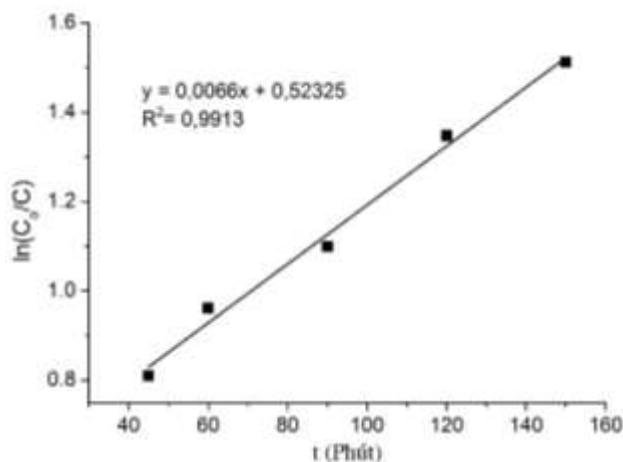
$$\ln \frac{C_0}{C} = kt \quad (3)$$

trong đó,  $C_0$  là nồng độ cân bằng của RhB trước khi chiếu sáng.



Hình 6. Hiệu suất phân hủy RhB của mẫu COM.500 theo thời gian

Hồi qui tuyến tính  $\ln \frac{C_0}{C}$  theo  $t$  thu được đồ thị biểu diễn ở Hình 7. Với hệ số xác định lớn ( $R^2 = 0,9913$ ) chứng tỏ phản ứng phân hủy quang xúc tác RhB trên vật liệu composite CuO/ZnO/C tổng hợp tuân theo động học phản ứng bậc 1. Hằng số tốc độ phân hủy RhB tính toán được là  $0,0066 \text{ phút}^{-1}$ .



Hình 7. Đồ thị  $\ln(C_0/C)$  theo  $t$  quá trình phân hủy RhB của mẫu COM.500

#### 4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công composite CuO/ZnO/C trên cơ sở vật liệu ZIF-7 doping Cu(II) bằng phương pháp nhiệt phân trong điều kiện yếm khí. Nhiệt độ nung thích hợp cho sự hình thành vật liệu là  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vật liệu composite cải thiện hoạt tính hấp phụ chất màu RhB so với ZIF-7 với DLHP tăng hơn 2 lần. Vật liệu composite tổng hợp cũng thể hiện hoạt tính quang xúc

tác trong phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng khả kiến. Quá trình phân huỷ tuân theo động học phản ứng bậc 1 với tốc độ phân huỷ đạt  $0,0066 \text{ phút}^{-1}$ .

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế trong nhiệm vụ mã số T.21 - TN.NCM - 02.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Z. Xu, L. Li, X. Chen, C. Fang and G. Xiao (2021). Mesoporous zeolitic imidazolate frameworks, *CCS Chem.* 3, 3514–3521.
- [2] M. A. Rahaman, B. Mousavi, F. Naz, and F. Verpoort (2022). Two-Dimensional zeolitic imidazolate framework ZIF-L: A promising catalyst for polymerization, *Catalysts*, 12, 521.
- [3] Y. Shan, M. Y. Zhang, Y. B., M. Du, X. Guo, H. Pang (2022). Design and synthesis of transition metal oxide/zeolitic imidazolate framework-67 composites, *Chem Eng J.*, 429, 132146.
- [4] R. Y. Yang, X. X. Yan, Y. M. Li, X. H. Zhang, and J. H. Chen (2017). Nitrogen-Doped porous carbon-ZnO nanopolyhedra derived from ZIF-8: New materials for photoelectrochemical biosensors, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 9, 42482-42491.
- [5] L. Xianyu, C. Yang, C. Qianlin, A. Xianquan and F. Yu, L. (2019). ZIF-8 derived hollow CuO/ZnO material for study of enhanced photocatalytic performance, *Colloids and Surfaces A*, 568, 1–10.
- [6] Z. Yan, Z. Xichen, Z. Fuming, T. Tian, D. Yong, G. Hong (2017). Design and synthesis of Cu modified cobalt oxides with hollow polyhedral nanocages as efficient electrocatalytic and photocatalytic water oxidation catalysts, *J Catal*, 352, 246–255.
- [7] V. B. Vera, P. A. Vladimir, A. E. Elena, A. E. Sofia, A. S. Mikhail, L. T. Alexander, V. R. Yury, and V. S. Alexander (2020). Synthesis of ZnO nanoparticles doped with cobalt using bimetallic ZIFs as sacrificial agents, *Nanomaterials*, 10, 1275.
- [8] A. Ebrahimi, M. Mansournia (2018). Zeolitic imidazolate framework-7: Novel ammonia atmosphere-assisted synthesis, thermal and chemical durability, phase reversibility and potential as highly efficient nanophotocatalyst, *Chem. Phys.*, 511, 33-45.
- [9] M. He, J. Yao, L. Li, K. Wang, F. Chen, H. Wang (2013). Synthesis of zeolitic imidazolate framework-7 in a water/ethanol mixture and its ethanol-induced reversible phase transition, *ChemPlusChem*, 78, 1222-1225.
- [10] N. Widiarti, J. K. Sae and S. Wahyuni (2017). Synthesis CuO-ZnO nanocomposite and its application as an antibacterial agent, *Mater. Sci. Eng.*, 172, 012036.
- [11] D. Zehra, Z. K. Belma, and D. Ali (2019). Synthesis and characterization of graphene oxide/Zinc oxide (GO/ZnO) nanocomposite and its utilization for photocatalytic degradation of basic fuchsin dye, *ChemistrySelect*, 4, 271 –278.
- [12] N. Bouazizi1, R. Bargougui, A. Oueslati, R. Benslama (2015). Effect of synthesis time on structural, optical and electrical properties of CuO nanoparticles synthesized by reflux condensation method, *Adv. Mater. Lett.* 6(2), 158-164.
- [13] K. K. Ashish and S. Rajendra (2019). Selective synthesis of Cu-Cu<sub>2</sub>O/C and CuO-Cu<sub>2</sub>O/C catalysts for Pd free C-C, C-N coupling and oxidation reactions, *Inorg. Chem. Front.*, DOI: 10.1039/C8QI01198B.
- [14] W. Hu, B. Pattengale, and Jier Huang (2021). Zeolitic imidazolate frameworks as intrinsic light harvesting and charge separation materials for photocatalysis. *J Chem Phys.*, 154(24), 240901.

**Title:** SYNTHESIS AND CATALYTIC ACTIVITY OF COMPOSITE CuO/ZnO/C BASED ON ZIF-7 DODING Cu(II)

**Abstract:** In this paper, CuO/ZnO/C composite was synthesized by the pyrolysis method based on ZIF-7 material doping Cu(II). The effect of annealing temperature on the phase composition of the composite was also investigated. The structure and property of the synthesized materials were characterized by the X-ray diffraction (XRD) and X-ray energy dispersion spectroscopy (EDX) methods. The results showed that the calcination temperature affects the phase composition of the composites. 500 °C is the optimal temperature for the synthesis of CuO/ZnO/C composite. Part of CuO in the composite will convert to Cu<sub>2</sub>O and Cu at higher calcination temperatures. The adsorption and photocatalytic capabilities of the CuO/ZnO/C composite were also evaluated. Experimental results show that composite materials improved rhodamine B adsorption activity compared to ZIF-7 (more than two times). Besides, CuO/ZnO/C materials also exhibited photocatalytic activity of rhodamine B degradation under visible light.

**Keywords:** CuO/ZnO/C, ZIF-7, adsorption, photocatalytic activity, rhodamine B.