

## **Nghiên cứu đánh giá một số tính chất và hoạt tính của vật liệu nano lưỡng kim loại hóa trị 0 hệ Fe/Cu thông qua khả năng xử lý methylene blue trong nước**

Nguyễn Hồng Sơn\*, Vũ Ngọc Toán, Nguyễn Văn Hoàng, Nguyễn Thị Thu Hương

Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

\*Email: sonph49@gmail.com

Nhận bài: 28/02/2023; Hoàn thiện: 25/4/2023; Chấp nhận đăng: 27/4/2023; Xuất bản: 25/10/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.90.2023.87-93>

### **TÓM TẮT**

*Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu đánh giá một số tính chất, hình thái bề mặt, thành phần hóa học, liên kết đặc trưng và hoạt tính thông qua khả năng xử lý methylene blue (MB) trong nước của vật liệu nano lưỡng kim loại hóa trị 0 (nZVM) hệ Fe/Cu; đồng thời, so sánh vật liệu này với vật liệu nano  $Fe_2O_3/Al_2O_3$ . Kết quả nghiên cứu cho thấy vật liệu nZVM hệ Fe/Cu có kích thước hạt trong khoảng 37 - 45 nm; tỷ trọng 0,921; pH = 1,92; hiệu suất xử lý MB nồng độ 100 mg/L đạt 84,02% sau 180 phút ở nhiệt độ phòng.*

**Từ khóa:** Nano Fe/Cu; Methylene blue; Xử lý.

### **1. MỞ ĐẦU**

Hiện nay, với hoạt tính xúc tác vượt trội, hiệu quả xử lý cao, dễ chế tạo, thuận tiện khi sử dụng,... vật liệu nano lưỡng kim (BNPs) gốc  $Fe^0$  đang được sử dụng phổ biến để xử lý các chất ô nhiễm trong nước mặt và nước ngầm [1, 2]. Hiệu quả xử lý của hạt BNPs gốc  $Fe^0$  đối với các chất ô nhiễm phụ thuộc nhiều vào tính chất bề mặt, thế oxi hóa khử và bản chất của hạt nano [1-3]. Vật liệu BNPs đã được nghiên cứu thử nghiệm, ứng dụng ở quy mô nhỏ để xử lý các chất ô nhiễm như thuốc nhuộm [3], chất hữu cơ clo hóa [1, 4], nitrate [5], kim loại nặng [2, 6] và kháng sinh [7],... Vật liệu BNPs vừa đóng vai trò là chất xúc tác để tăng cường tốc độ phản ứng phân hủy chất ô nhiễm vừa có khả năng ngăn chặn quá trình oxy hóa bề mặt các hạt nano tốt hơn so với vật liệu đơn kim loại hóa trị 0 [8]. Vật liệu BNPs gốc  $Fe^0$  đã được nhiều nhà nghiên cứu chế tạo bằng phương pháp khử hóa giữa muối sắt với natri borohydride [9]. Tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm là chi phí cao, chất khử gây ô nhiễm thứ cấp và khó áp dụng để tổng hợp quy mô lớn. Do đó, việc nghiên cứu tổng hợp vật liệu BNPs gốc  $Fe^0$  bằng phương pháp hóa học xanh (sử dụng dịch chiết thực vật có chứa dẫn xuất polyphenol) đang là hướng ưu tiên để thay thế cho việc sử dụng  $NaBH_4$ . Giải pháp này được đánh giá là hạ giá thành, giảm việc sử dụng và phát thải dung môi, không phát sinh chất độc thứ cấp và thân thiện môi trường.

Methylene blue (MB) là một trong những chất được sử dụng phổ biến trong ngành dệt may. Với cấu trúc hóa học phức tạp, MB khó bị phân hủy sinh học và ảnh hưởng xấu đến môi trường nước do ngăn chặn sự xâm nhập của ánh sáng mặt trời vào nước [10]. Việc xử lý loại bỏ MB khỏi môi trường nước đã được nhiều nhà khoa học thực hiện với nhiều phương pháp khác nhau. Gần đây, vật liệu BNPs gốc  $Fe^0$  đang được nghiên cứu sử dụng để xử lý MB trong nước, người ta cho rằng đây là một trong những phương pháp xử lý đạt hiệu quả cao và cũng là phương pháp để đánh giá hoạt tính của họ vật liệu nano kim loại hóa trị 0 [2, 5, 7, 9].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành đánh giá một số tính chất đặc trưng và hoạt tính của vật liệu nano lưỡng kim loại hóa trị 0 (ký hiệu là nZVM Fe/Cu) do nhóm tổng hợp theo phương pháp hóa học xanh tại Viện Công nghệ mới; đồng thời, so sánh hoạt tính của vật liệu này với vật liệu nano  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  thương mại thông qua khả năng xử lý MB trong môi trường nước.

## 2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Hóa chất, thiết bị

Hóa chất: Vật liệu nZVM Fe/Cu ở dạng huyền phù (nồng độ kim loại 6000 ppm, Viện Công nghệ mới); vật liệu nano  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 20\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 30\%$ ) ở dạng huyền phù, dùng để xử lý nước (tên thương mại NKT01- do Công ty TNHH Tổng hợp Thương mại Phương Anh bán); methylene blue ( $\geq 85\%$ , Merck, Đức), nước cất 2 lần và một số hóa chất thông dụng khác.

Thiết bị: Cân phân tích Labex 300 g, sai số  $\pm 0,001$  g (Trung Quốc); máy khuấy từ gia nhiệt Velp ARE, tốc độ khuấy tối đa 1500 rpm, gia nhiệt đến  $370^\circ\text{C}$  (Ý); máy lắc ngang HY-4 (Trung Quốc), máy ly tâm Universal 16, tốc độ ly tâm tối đa 12000 rpm (Đức); kính hiển vi điện tử quét phân giải cao Hitachi S-4800 (Nhật Bản), độ phóng đại từ 20 - 800000 lần; kính hiển vi điện tử truyền qua phân giải cao HR-TEM JEM-2100 (Nhật Bản); thiết bị EDX-8000 Shimadzu (Nhật Bản); thiết bị đo phổ hồng ngoại biến đổi Fourier TENSOR II (Mỹ); thiết bị đo quang phổ UV-VIS Dynamica (Thụy Sĩ), thiết bị Zetasizer Nano ZSP (Anh) và một số dụng cụ, thiết bị thông dụng khác sẵn có trong phòng thí nghiệm.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Nghiên cứu đặc trưng tính chất của vật liệu nZVM Fe/Cu

##### a) Nghiên cứu hình thái bề mặt, kích thước hạt

Hình thái bề mặt, kích thước hạt của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định trên thiết bị Hitachi S-4800 và JEM-2100 (Nhật Bản) của Viện Khoa học Vật liệu/Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.

##### b) Xác định thành phần hóa học và liên kết đặc trưng

Thành phần hóa học của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định trên thiết bị đo EDX 8000 Shimadzu (Nhật Bản) của Viện Khoa học Vật liệu/Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.

Một số liên kết đặc trưng của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định trên thiết bị hồng ngoại biến đổi Fourier TENSOR II (Mỹ) của Viện Hóa học-Vật liệu/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

##### c) Xác định tỷ trọng, pH, độ ổn định của vật liệu dạng huyền phù

Tỷ trọng của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định theo quy trình: Chuẩn bị một cốc thủy tinh dung tích 50 mL, khô, sạch. Cân và ghi khối lượng của cốc. Dùng micropipet lấy chính xác 1000  $\mu\text{L}$  mẫu vào cốc, cân và ghi khối lượng. Lấy thêm 2 lần, mỗi lần 1000  $\mu\text{L}$  mẫu vào cốc. Ghi chép khối lượng của cốc chứa 1000  $\mu\text{L}$ , 2000  $\mu\text{L}$ , 3000  $\mu\text{L}$  mẫu. Tính toán tỷ trọng của mẫu (lấy giá trị trung bình của 3 lần đo).

Giá trị pH của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định qua 3 lần đo trên máy pH EZ-9901.

Độ ổn định của vật liệu nZVM Fe/Cu được xác định thông qua phương pháp đo thế zeta trên thiết bị Zetasizer Nano ZSP (Anh) của Viện Khoa học Vật liệu/Viện Hàn lâm KH-CN Việt Nam.

#### 2.2.2. Nghiên cứu khả năng xử lý MB trong nước của vật liệu nZVM Fe/Cu

##### a) Lập đường chuẩn khảo sát khoảng tuyến tính của dung dịch MB

Pha dung dịch MB gốc có nồng độ 100 mg/L trong bình định mức 250 mL, sau đó pha thành dung dịch có dải nồng độ tương ứng: 5, 7, 10, 15, 20, 50 mg/L. Đo phổ UV-VIS xác định bước sóng hấp phụ cực đại của dung dịch MB. Tiến hành đo độ hấp phụ quang của các dung dịch có nồng độ nêu trên, sử dụng phần mềm excel, vẽ đường chuẩn và xác định khoảng tuyến tính.

##### b) Tiến hành phản ứng, đánh giá hiệu suất xử lý MB theo thời gian

Lấy 5 mL dung dịch nZVM Fe/Cu vào ống nghiệm khô sạch, đã đựng sẵn 5 mL dung dịch MB có nồng độ xác định, lắc hỗn hợp trong ống nghiệm trên máy lắc ngang trong 2 giờ ở nhiệt độ phòng. Sau đó, lấy 4 mL hỗn hợp đem ly tâm ở tốc độ 5000 vòng/phút, tách chất rắn và đo

mật độ quang của phân dung dịch trên thiết bị UV-VIS. Tiến hành thí nghiệm ở các mốc thời gian: 10, 30, 60, 90, 120, 150, 180 phút. Lặp lại các thí nghiệm tương tự đối với vật liệu NKT01 trong cùng điều kiện phản ứng, tỷ lệ thể tích, hàm lượng. Đánh giá hiệu suất xử lý MB của vật liệu nZVM Fe/Cu và NKT01 theo công thức:

$$H = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$$

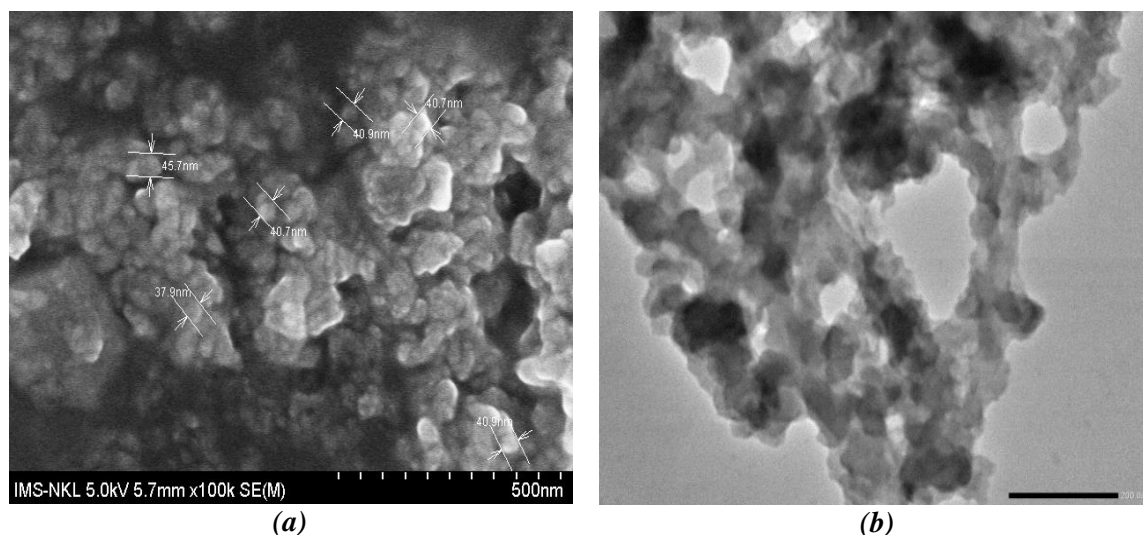
Trong đó:  $A_0$  - Mật độ quang của dung dịch MB ban đầu;  
 $A_t$  : Mật độ quang tại mốc thời gian;  
 H: Hiệu suất xử lý MB trong dung dịch.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đặc trưng tính chất của vật liệu nZVM Fe/Cu

##### 3.1.1. Hình thái và kích thước vật liệu nZVM Fe/Cu

Kết quả xác định hình thái bề mặt, kích thước hạt của vật liệu nZVM Fe/Cu được thể hiện ở hình 1.



**Hình 1.** Kết quả đo kính hiển vi điện tử quét SEM (a) và kính hiển vi điện tử truyền qua TEM (b) của vật liệu nZVM Fe/Cu.

Kết quả ở hình 1a cho thấy, các hạt nano trong mẫu nZVM Fe/Cu tồn tại ở dạng hạt hình cầu, tiếp xúc với nhau, phân tán tốt và có kích thước trong khoảng 37-45 nm, bề mặt tương đối xốp, có các khoang hốc. Kết quả ở hình 1b cho thấy, vật liệu nZVM Fe/Cu có cấu trúc đa lớp, giữa các hạt có sự tiếp xúc với nhau, các hạt nano được phủ một lớp màng dày trung bình 30 nm. Điều này có thể giải thích do sự hình thành lớp polyphenol trên bề mặt hạt do sử dụng phương pháp tổng hợp xanh bằng dịch chiết lá trà xanh. Lớp phủ này có khả năng hạn chế quá trình oxy hóa bề mặt và chống kết bó các hạt nano sau chế tạo.

##### 3.1.2. Thành phần hóa học và liên kết đặc trưng của vật liệu nZVM Fe/Cu

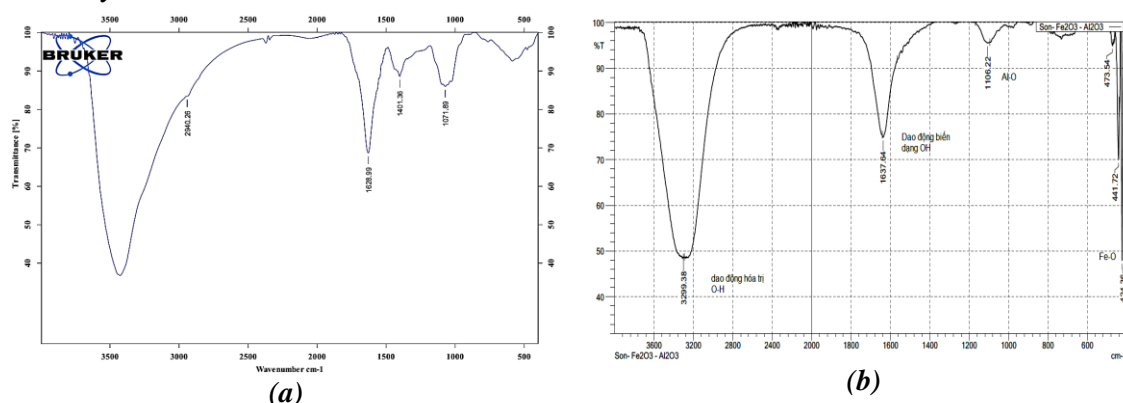
Thành phần và hàm lượng các nguyên tố trong vật liệu nZVM Fe/Cu được thể hiện ở bảng 1.

**Bảng 1.** Hàm lượng nguyên tố trong vật liệu nZVM Fe/Cu.

Vật liệu	Hàm lượng nguyên tố (%)								
	C	O	Si	P	S	Cl	K	Fe	Cu
nZVM Fe/Cu	35,25	13,01	0,44	0,60	0,13	1,63	1,21	12,16	35,57

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, hàm lượng nguyên tố C (35,25%) chiếm tỷ lệ cao nhất và được cho là do xuất phát từ tác nhân khử hóa là dẫn xuất polyphenol trong dịch chiết lá trà xanh; nguyên tố O chiếm 13,01%, nguyên tố Fe chiếm 12,16%, nguyên tố Cu chiếm 35,57%. Giá trị hàm lượng Cu cao được cho là do chịu ảnh hưởng của lưới đo trong thiết bị phân tích thành phần vật liệu EDX được làm từ vật liệu Cu phủ cacbon. Các nguyên tố tạp chất chiếm tỷ lệ không đáng kể.

Kết quả phân tích phổ hồng ngoại mẫu vật liệu nZVM Fe/Cu sau tổng hợp được nêu ra ở hình dưới đây:



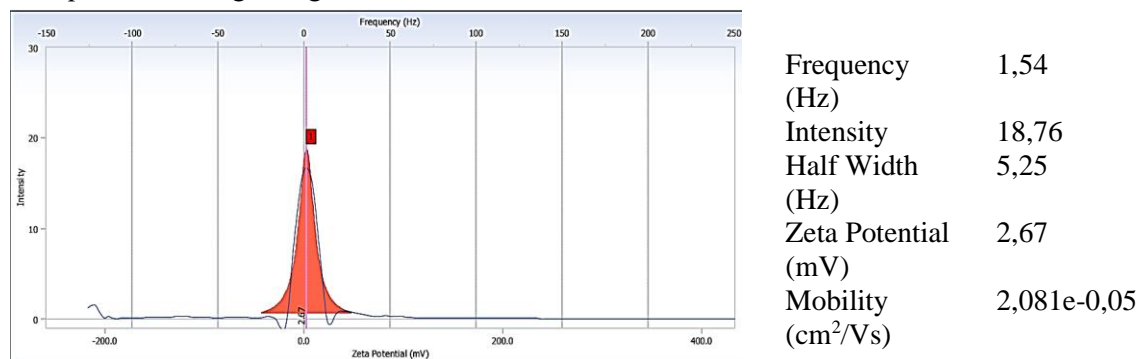
Hình 2. Phổ FT-IR của vật liệu nZVM Fe/Cu (a) và vật liệu NKT01 (b).

Phổ FT-IR của vật liệu nZVM Fe/Cu ở hình 2a cho thấy, peak ở vùng bước sóng 3392 - 3500 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết O-H (polyphenol và các hydroxit kim loại). Peak ở bước sóng 1628 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết C=C. Peak ở bước sóng 1401 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho dao động biến dạng của liên kết -C-H. Một phần Fe<sup>0</sup> bị oxi hóa thành dạng sắt oxit với đặc trưng hấp thụ của Fe-O trong Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> và Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ở vùng 420-540 cm<sup>-1</sup>. Dao động hóa trị của liên kết C-O ở bước sóng 1071 cm<sup>-1</sup>.

Phổ FT-IR của vật liệu NKT01 ở hình 2b cho thấy, peak có cường độ thấp tương ứng với bước sóng 1106 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho dao động của liên kết Al-O-Al [11]. Các peak ở bước sóng 441 cm<sup>-1</sup> và 424 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho dao động của liên kết Fe-O. Có thể nhận thấy sự chuyển dịch bước sóng đặc trưng của liên kết Fe-O của mẫu vật liệu NKT01 so với vật liệu nZVM Fe/Cu ở hình 2a, điều này có thể là do sự tạo thành liên kết Fe-O-Al trong vật liệu NKT01.

### 3.1.3. Tỷ trọng, pH, độ ổn định của vật liệu nZVM Fe/Cu

Tỷ trọng của vật liệu nZVM Fe/Cu đạt giá trị trung bình 0,921; giá trị pH trung bình đạt 1,92. Kết quả đo thế năng lượng zeta của vật liệu nZVM Fe/Cu được nêu ở hình 3.



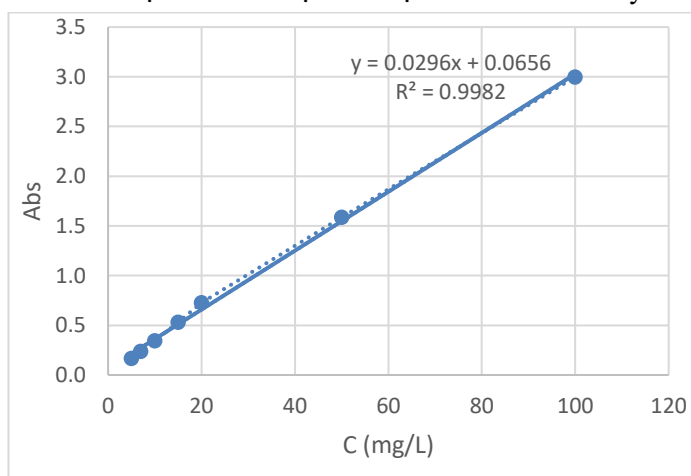
Hình 3. Thế năng lượng zeta  $\zeta$  của nZVM Fe/Cu.

Độ lớn của thế năng lượng zeta đặc trưng cho khả năng ổn định của vật liệu. Trong nghiên cứu này, vật liệu nZVM Fe/Cu ở dạng huyền phù gồm các hạt nano phân tán trong dung môi

ethanol/H<sub>2</sub>O được nghiên cứu độ ổn định thông qua việc xác định giá trị thế năng lượng zeta. Các hạt có thế zeta lớn hơn +30 mV hoặc nhỏ hơn -30 mV thường được xem là ổn định [12]. Kết quả trên hình 3 cho thấy, thế zeta của vật liệu nZVM Fe/Cu sau tổng hợp bằng phương pháp hóa học xanh (với dịch chiết lá trà xanh) là +2,67 mV. Theo đó, vật liệu có khả năng phân tán ổn định hơn so với các hạt nZVI (-2,43 mV) [13]. Với thế năng lượng zeta nhỏ hơn +30 mV dẫn đến lực đẩy giữa các hạt trong nZVM Fe/Cu tương đối nhỏ, sự keo tụ giữa các hạt vẫn có xu hướng xảy ra, điều này được thể hiện bởi sự sa lắng hệ vật liệu khi để ở điều kiện thường trong thời gian dài sau khi tổng hợp.

**3.2. Kết quả nghiên cứu khả năng xử lý MB trong nước của vật liệu nZVM Fe/Cu**

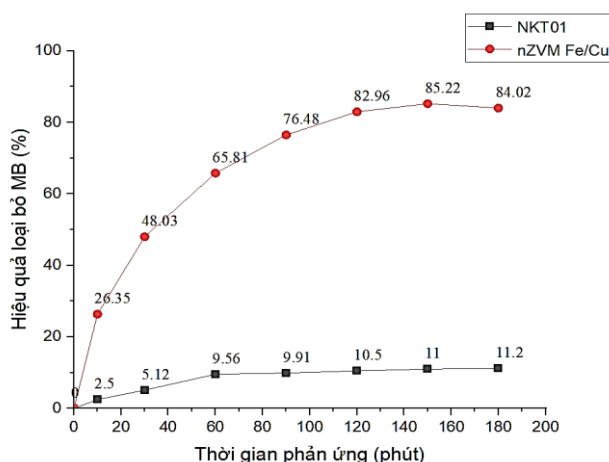
Phương trình tuyến tính của dung dịch MB ở các nồng độ khác nhau tại bước sóng hấp phụ cực đại  $\lambda = 668$  nm trên thiết bị UV-VIS được thể hiện ở hình 4 dưới đây.



**Hình 4.** Phương trình tuyến tính, hệ số tương quan của dung dịch MB ([MB] = 5 – 100 mg/L).

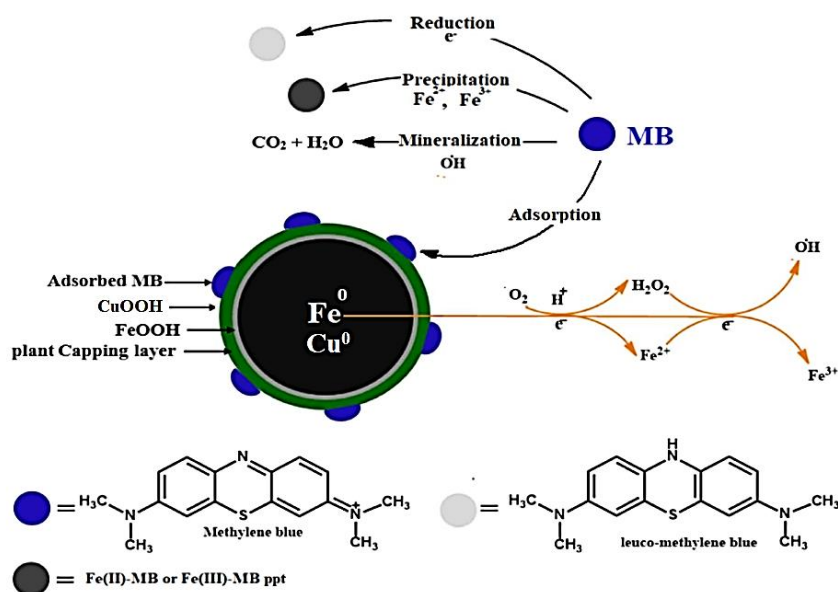
Kết quả thu được ở hình 4 cho thấy, hệ số tương quan  $R^2 = 0,9982$ , có nghĩa là mối quan hệ giữa nồng độ và mật độ quang của dung dịch MB có khoảng tuyến tính tốt ở vùng nồng độ thấp, từ 5-100 mg/L. Vì thế, trong nghiên cứu này, nồng độ dung dịch MB 100 mg/L được lựa chọn để thực hiện phản ứng nghiên cứu so sánh hoạt tính xử lý của vật liệu nZVM Fe/Cu và NKT01.

Hoạt tính xử lý của vật liệu nZVM Fe/Cu và vật liệu NKT01 được tiến hành đánh giá và so sánh thông qua hiệu quả xử lý MB trong cùng điều kiện nhiệt độ phòng, áp suất thường, pH = 6. Kết quả thu được như sau:



**Hình 5.** Hiệu quả xử lý MB của vật liệu nZVM Fe/Cu và các vật liệu NKT01.

Kết quả ở hình 5 cho thấy, vật liệu NKT01 đạt hiệu quả xử lý cực đại đối với MB nồng độ 100 mg/L là 11,2% sau 180 phút phản ứng, trong khi hiệu quả xử lý MB ở cùng nồng độ 100 mg/L của vật liệu nZVM Fe/Cu đạt giá trị cực đại là 84,02% sau 180 phút. Tiến hành kéo dài thời gian phản ứng cho thấy, sau 180 phút, hiệu quả xử lý MB của 2 vật liệu nêu trên thay đổi không đáng kể so với giá trị hiệu quả xử lý tại thời điểm 180 phút. Điều này có thể là do kích thước hạt của vật liệu NKT01 lớn, diện tích bề mặt riêng nhỏ hơn so với vật liệu nZVM Fe/Cu dẫn tới khả năng hấp phụ vật lý của MB trên bề mặt NKT01 bị hạn chế. Ngoài ra, vật liệu nZVM Fe/Cu được cho là có khả năng khử hóa MB thành leuco-methylene blue (LMB) không màu, dẫn tới hiệu quả xử lý MB tăng đáng kể so với các vật liệu không có tính chất khử [14]. Cơ chế khử hóa MB của nZVM Fe/Cu có thể diễn ra như sau:



Hình 6. Cơ chế xử lý MB của vật liệu nZVM.

Theo cơ chế được mô tả trên hình 6, quá trình xử lý MB trong dung dịch của vật liệu nZVM Fe/Cu có thể diễn ra theo 4 quá trình chính, gồm: hấp phụ vật lý, khử hóa, kết tủa và oxy hóa nâng cao liên quan đến sự hình thành gốc ·OH. Trong đó, hấp phụ vật lý MB là một quá trình thuận nghịch, các phân tử MB bị hấp phụ trên bề mặt các hạt nZVM Fe/Cu vẫn có thể di chuyển ngược trở lại pha thể tích. Khi lượng chất bị hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ càng nhiều thì tốc độ di chuyển ngược trở lại pha thể tích càng nhanh, điều này có thể thấy thông qua sự giảm hiệu quả xử lý MB từ 85,22% xuống 84,02% trong thời gian 150 - 180 phút.

#### 4. KẾT LUẬN

Vật liệu nZVM Fe/Cu tổng hợp theo phương pháp hóa học xanh, tồn tại ở dạng huyền phù có kích thước hạt khoảng 37-45 nm, tỷ trọng 0,921; pH = 1,92, thế năng lượng zeta đạt +2,67 mV; hiệu quả xử lý MB nồng độ 100 mg/L trong nước đạt 84,02% sau 180 phút phản ứng. Hiệu quả xử lý MB trong dung dịch của vật liệu nZVM Fe/Cu đạt cao hơn so với vật liệu NKT01 khi tiến hành ở cùng điều kiện. Kết quả này được sử dụng làm cơ sở để nhóm tác giả tiến hành các nghiên cứu tiếp theo nhằm mở rộng ứng dụng của vật liệu nZVM Fe/Cu và một số vật liệu nano lưỡng kim hóa trị 0 gốc Fe<sup>0</sup> khác trong thực tế.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. Zhao et al., "Catalytic dechlorination of 2,4-dichlorophenol by Ni/Fe nanoparticles prepared in the presence of ultrasonic irradiation", *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(5), pp. 1714-1721, (2014).

- [2]. B.S. Kadu et al., "Efficiency and recycling capability of montmorillonite supported Fe–Ni bimetallic nanocomposites towards hexavalent chromium remediation", *Applied Catalysis B: Environmental*, 104(3), pp. 407-414, (2011).
- [3]. X. Liu et al., "Remediation of Direct Black G in wastewater using kaolin-supported bimetallic Fe/Ni nanoparticles", *Chemical Engineering Journal*, 223, pp. 764-771, (2013).
- [4]. Z. Zhou et al., "Fabrication and characterization of Fe/Ni nanoparticles supported by polystyrene resin for trichloroethylene degradation", *Chemical Engineering Journal*, 283, pp. 730-739, (2016).
- [5]. J. Shi, C. Long, and A. Li, "Selective reduction of nitrate into nitrogen using Fe–Pd bimetallic nanoparticle supported on chelating resin at near-neutral pH", *Chemical Engineering Journal*, 286, pp. 408-415, (2016).
- [6]. Z. Tang et al., "Enhanced removal of Pb(II) by supported nanoscale Ni/Fe on hydrochar derived from biogas residues", *Chemical Engineering Journal*, 292, pp. 224-232, (2016).
- [7]. X.Weng et al., "Enhancement of catalytic degradation of amoxicillin in aqueous solution using clay supported bimetallic Fe/Ni nanoparticles", *Chemosphere*, 103, pp. 80-85, (2014).
- [8]. S. Zhou et al., "Enhanced Cr(vi) removal from aqueous solutions using Ni/Fe bimetallic nanoparticles: characterization, kinetics and mechanism", *RSC Advances*, 4(92), pp. 50699-50707, (2014).
- [9]. P. Li et al., "Enhanced nitrate removal by novel bimetallic Fe/Ni nanoparticles supported on biochar", *Journal of Cleaner Production*, 151, pp. 21-33, (2017).
- [10]. D. Chen et al., "Removal of methylene blue and mechanism on magnetic  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> nanocomposite from aqueous solution". *Water Resources and Industry*, 15, pp. 1-13, (2016).
- [11]. N. Damayanti et al., "Preparation of Superhydrophobic PET fabric from Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> hybrid: Geometrical approach to create high contact angle surface from low contact angle materials", *Journal of Sol-gel Science and Technology*, 56, pp. 47-52, (2010).
- [12]. D. Nayak et al., "Bark extract mediated green synthesis of silver nanoparticles: Evaluation of antimicrobial activity and antiproliferative response against osteosarcoma", *Materials Science and Engineering*, 58, pp. 44-52, (2016).
- [13]. P.J. Chen, S.W. Tan, and W.L. Wu, "Stabilization or Oxidation of Nanoscale Zerovalent Iron at Environmentally Relevant Exposure Changes Bioavailability and Toxicity in Medaka Fish", *Environmental Science & Technology*, 46(15), pp. 8431-8439, (2012).
- [14]. F. Kazemi et al., "Photodegradation of methylene blue with a titanium dioxide/polyacrylamide photocatalyst under sunlight", *Journal of Applied Polymer Science*, 133, pp. 43386, (2016).

### **ABSTRACT**

#### **Study to evaluate the ability to remove methylene blue from the water of Fe/Cu zero valence metal nanomaterials**

*This paper presents the results of research evaluating some properties, surface morphology, chemical composition, specific binding and activity through the ability to treat methylene blue (MB) in water by nano zero-valent bimetallic (nZVM) Fe/Cu. Simultaneously, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanomaterials were compared. Research results show that the nZVM Fe/Cu material has a grain size in the range of 37 - 45 nm; the proportion reached 0.921; pH = 1.92; MB treatment efficiency of 100 mg/L concentration reached 84.02% after 180 minutes at room temperature.*

**Keywords:** Nano Fe/Cu; Methylene blue; Treatment.