

TỔNG HỢP VẬT LIỆU QUANG XÚC TÁC ĐA THÀNH PHẦN $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$: KHẢO SÁT CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

NGUYỄN THỊ ANH THU^{*}, HOÀNG VĂN ĐỨC^{*}

Khoa Hoá học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

^{*}Email: hoangvanduc@dhsphue.edu.vn

Tóm tắt: Trong bài báo này, vật liệu quang xúc tác đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ đã được tổng hợp bằng phương pháp gián tiếp. Ảnh hưởng của dung môi, tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ và hàm lượng CdMoO_4 đến cấu trúc của vật liệu đã được khảo sát. Vật liệu tổng hợp được đặc trưng bằng phương pháp XRD và EDS. Kết quả đặc trưng và thực nghiệm cho thấy, CdMoO_4 đã được phân tán thành công lên tổ hợp chất nền $g\text{-C}_3\text{N}_4$ và graphene oxide (GO). Dung môi nước không thích hợp để tổng hợp vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$, trong khi dung môi methanol và ethanol thích hợp để tổng hợp vật liệu này. Tỷ lệ khối lượng $\text{C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 2:1$ là thích hợp cho sự phân tán tốt nhất của CdMoO_4 . Độ phân tán của CdMoO_4 trên vật liệu nền phụ thuộc vào hàm lượng của nó. Vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ thể hiện hoạt tính quang xúc tác cao trong phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng khả kiến. Hiệu suất phân huỷ phụ thuộc vào tỷ lệ khối lượng $\text{C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ và hàm lượng CdMoO_4 .

Từ khoá: CdMoO_4 , $g\text{-C}_3\text{N}_4$, Graphene oxide, vật liệu quang xúc tác, Rhodamine B.

1. MỞ ĐẦU

Sử dụng xúc tác quang để xử lý chất hữu cơ khó phân huỷ gây ô nhiễm môi trường là một trong những phương pháp thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trên thế giới bởi vì đây là một phương pháp vừa kinh tế, vừa thân thiện với môi trường. Mặc dù nhiều chất xúc tác quang đã được nghiên cứu và công bố [1-3], nhưng việc nghiên cứu tìm kiếm các chất xúc tác quang mới với hoạt tính xúc tác cao và đơn giản trong tổng hợp luôn là thách thức của các nhà khoa học. Trong thời gian gần đây, sự xuất hiện của vật liệu bán dẫn $g\text{-C}_3\text{N}_4$, một loại vật liệu có cấu trúc tương tự graphite, có năng lượng vùng cấm hẹp [4] và graphene oxide (GO), một loại vật liệu có cấu trúc lớp tương tự $g\text{-C}_3\text{N}_4$, nhưng diện tích bề mặt lớn hơn nhiều và đặc biệt là khả năng dẫn điện tốt [5] đã mở ra hướng nghiên cứu mới trong tổng hợp chất xúc tác quang. Nhiều chất xúc tác quang dựa trên cơ sở của $g\text{-C}_3\text{N}_4$ và GO đã được công bố [2, 3, 6, 7].

Theo hướng nghiên cứu này, nhóm chúng tôi cũng đã tổng hợp thành công vật liệu quang xúc tác đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ bằng phương pháp gián tiếp [8]. Đánh giá bước đầu cho thấy, vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp thể hiện hoạt tính quang xúc tác cao hơn so với các vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4$ hay CdMoO_4/GO trong phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng khả kiến.

Tiếp theo kết quả đó, trong công trình này, các yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu quang xúc tác đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ đã được khảo sát để qua đó tìm

được điều kiện thích hợp trong tổng hợp vật liệu đảm bảo tính ổn định về cấu trúc cũng như hoạt tính xúc tác cao.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hoá chất

Hoá chất được sử dụng trong nghiên cứu này gồm: Graphite (Merck), KMnO_4 (Merck), $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ (Merck), Na_2MoO_4 (Merck), NaNO_3 (Xilong), urea (Xilong), H_2SO_4 (xilong), H_2O_2 (Xilong), HCl (Xilong), methanol (Xilong), ethanol (Xilong) và rhodamine B (Merck).

2.2. Tổng hợp vật liệu

Trong nghiên cứu này, GO được tổng hợp theo phương pháp Hummers cải tiến từ graphite và $g\text{-C}_3\text{N}_4$ được tổng hợp từ urea bằng phương pháp nhiệt phân đã được chúng tôi công bố trước đây [8, 9]. Vật liệu đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{GO}/\text{C}_3\text{N}_4$ được tổng hợp bằng phương pháp gián tiếp qua 2 giai đoạn như chúng tôi đã công bố theo công trình [8]. Giai đoạn 1, CdMoO_4 được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt. Giai đoạn 2, hòa tan một lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4$ và GO có tỷ lệ theo tính toán vào dung môi, sau đó siêu âm hỗn hợp trong thời gian 30 phút. Thêm một lượng CdMoO_4 thích hợp vào hỗn hợp sau khi siêu âm và khuấy trong thời gian 6 giờ ở tốc độ 250 vòng/phút. Ly tâm lấy chất rắn, sấy khô ở 80°C thu được sản phẩm vật liệu đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của dung môi, tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4$: GO và hàm lượng CdMoO_4 đến cấu trúc vật liệu tổng hợp đã được khảo sát.

2.3. Đặc trưng vật liệu tổng hợp và thử hoạt tính quang xúc tác

Phổ XRD được ghi trên máy nhiễu xạ Ronghen VNU-D8 Advance (Bruker, Germany), sử dụng nguồn bức xạ $\text{CuK}\alpha$ với bước sóng $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, góc quét 2θ trong khoảng $5\text{--}80^\circ$ và phổ EDX được đo trên máy SEM JED 2300.

Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu tổng hợp được đánh giá qua sự phân huỷ rhodamine B (RhB) từ dung dịch nước. 100 mL dung dịch RhB (30 mg/L) được cho vào cốc loại 250 mL, thêm vào đó 20 mg xúc tác và bọc kín. Dung dịch được khuấy 2 giờ trong bóng tối ở 30°C 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. Nồng độ của RhB trước và sau khi chiếu sáng được xác định bằng máy quang phổ UV-Vis Jenway 6715. Hiệu suất phân huỷ RhB được tính theo công thức sau:

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

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

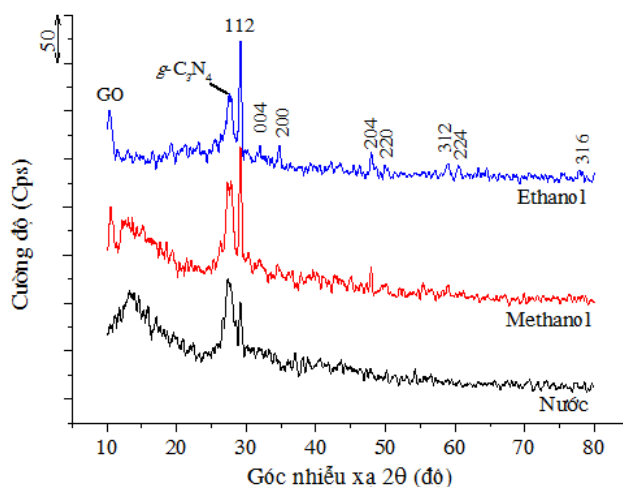
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu tổng hợp

3.1.1. Ảnh hưởng của dung môi

Dung môi ảnh hưởng đến khả năng phân tán vật liệu nền cũng như khả năng phân tán của CdMoO_4 lên vật liệu nền để hình thành vật liệu composite. Vì vậy, ảnh hưởng của

dung môi đã được khảo sát. Để khảo sát ảnh hưởng của dung môi, tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{:GO}$ được giữ không đổi là 2:1- và hàm lượng CdMoO_4 là 20% (khối lượng). Các dung môi được khảo sát gồm ethanol, methanol và nước. Hình 1 là giản đồ XRD của các mẫu vật liệu tổng hợp trong ba dung môi khác nhau.



Hình 1. Giản đồ XRD của các vật liệu tổng hợp với dung môi khác nhau

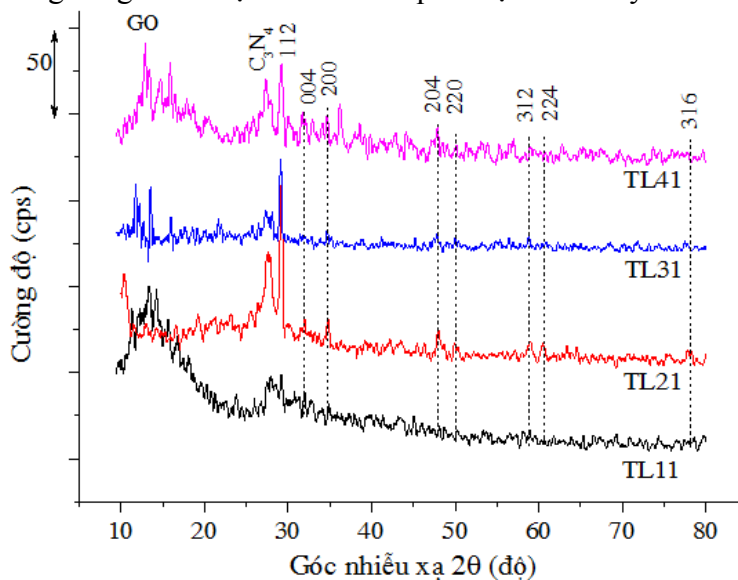
Từ các giản đồ nhiễu xạ tia X thu được cho thấy các mẫu vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp với các dung môi methanol, ethanol và nước đều xuất hiện peak ứng với góc $2\theta = 10,5^\circ$ đặc trưng cho chất nền GO [5], các peak ứng với góc $2\theta = 13,1^\circ$ và $27,6^\circ$ đặc trưng cho chất nền $g\text{-C}_3\text{N}_4$ [4]. Điều này cho thấy quá trình biến tính vật liệu bởi CdMoO_4 phần nào vẫn giữ được cấu trúc của hai vật liệu nền. Tuy nhiên, các peak đặc trưng cho CdMoO_4 thì có sự khác nhau. Mẫu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp với dung môi ethanol và methanol khá tương tự nhau. Trên giản đồ xuất hiện các peak ở các góc nhiễu xạ $2\theta = 29,2^\circ; 31,5^\circ; 34,7^\circ; 47,9^\circ; 49,8^\circ; 58,9^\circ; 60,4^\circ$ và $77,8^\circ$, tương ứng với các mặt phản xạ (112); (004); (200); (204); (220); (312); (224) và (316) đặc trưng cho CdMoO_4 [6, 10]. Đối với dung môi nước, ngoài peak chính ở mặt phản xạ (112), các peak đặc trưng khác của CdMoO_4 hoặc có cường độ thấp hoặc không rõ ràng. Như vậy, có thể thấy dung môi methanol và ethanol thích hợp cho việc tổng hợp vật liệu đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$, còn dung môi nước không thích hợp để tổng hợp vật liệu này. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây về tổng hợp vật liệu quang xúc tác $\text{CdMoO}_4/g\text{-C}_3\text{N}_4$ của L. Zao và cộng sự [6], hay vật liệu CdMoO_4/GO của S. R. Kadam và cộng sự [7]. L. Zao và cộng sự đã sử dụng dung môi methanol khi tổng hợp $\text{CdMoO}_4/g\text{-C}_3\text{N}_4$, trong khi S. R. Kadam và cộng sự lại sử dụng hỗn hợp dung môi methanol và ethylen glycol trong tổng hợp vật liệu CdMoO_4/GO .

Trong hai dung môi ethanol và methanol, dung môi methanol độc hại hơn, do đó dung môi ethanol được chọn để khảo sát các yếu tố tiếp theo.

3.1.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ $\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$

Tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{:GO}$ được khảo sát để tìm điều kiện tốt nhất cho sự hình thành

composite $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$. Trong nghiên cứu này, dung môi được sử dụng là ethanol, hàm lượng CdMoO_4 là 20% (khối lượng). Các tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ được khảo sát là 1:1, 2:1, 3:1 và 4:1, ký hiệu mẫu tương ứng là TL11, TL21, TL31 và TL41. Các mẫu được đặc trưng bằng nhiễu xạ tia X và kết quả được trình bày trên hình 2.



Hình 2. *Giản đồ XRD của các mẫu tổng hợp với tỉ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ khác nhau*

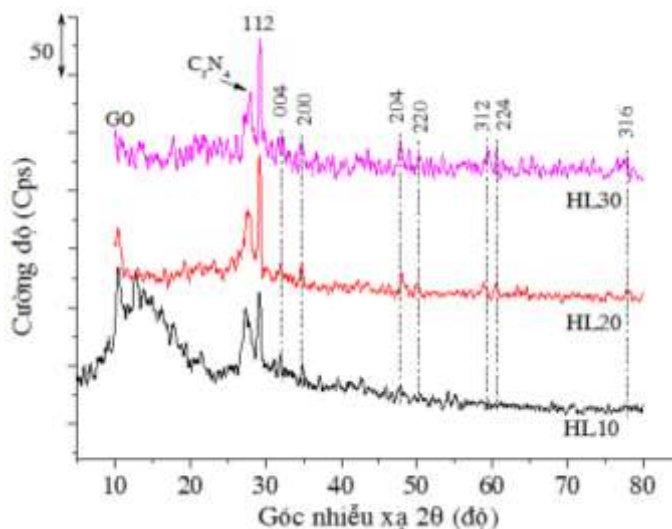
Từ các giản đồ nhiễu xạ tia X thu được cho thấy các mẫu vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp với tỉ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ khác nhau đều xuất hiện các peak đặc trưng cho chất nền $g\text{-C}_3\text{N}_4$ và GO như đã trình bày ở trên [4, 5]. Ngoài ra, trên các giản đồ XRD còn xuất hiện các peak ở các góc nhiễu xạ $2\theta = 29,1^\circ; 31,5^\circ; 34,8^\circ; 47,9^\circ; 49,9^\circ; 55,3^\circ; 58,9^\circ; 60,6^\circ; 77,6^\circ$ đặc trưng cho CdMoO_4 [6, 10]. Tuy nhiên, các peak này xuất hiện không đồng đều trong cả 4 mẫu vật liệu tổng hợp. Mẫu vật liệu tổng hợp với tỉ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 1:1$ xuất hiện các peak không rõ ràng và cường độ thấp. Các mẫu có tỉ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} \geq 2:1$ xuất hiện khá đầy đủ và rõ ràng các peak đặc trưng của CdMoO_4 , trong đó mẫu với tỉ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 2:1$ xuất hiện các peak đầy đủ và rõ ràng nhất. Điều này cho thấy, tỉ lệ vật liệu nền có ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu composite tổng hợp. Tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 2:1$ được chọn để tổng hợp vật liệu đa thành phần với các hàm lượng CdMoO_4 khác nhau.

3.1.3. Tổng hợp mẫu với hàm lượng CdMoO_4 khác nhau

Ảnh hưởng của hàm lượng CdMoO_4 cũng được khảo sát. Các mẫu tổng hợp trong dung môi ethanol, tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 2:1$ và hàm lượng CdMoO_4 lần lượt là 10, 20 và 30 % theo khối lượng. Các mẫu được ký hiệu tương ứng với hàm lượng là HL10, HL20 và HL30.

Tương tự như đã trình bày ở trên, kết quả nhiễu xạ tia X thu được ở hình 3 cho thấy các mẫu vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp với hàm lượng CdMoO_4 khác nhau đều xuất

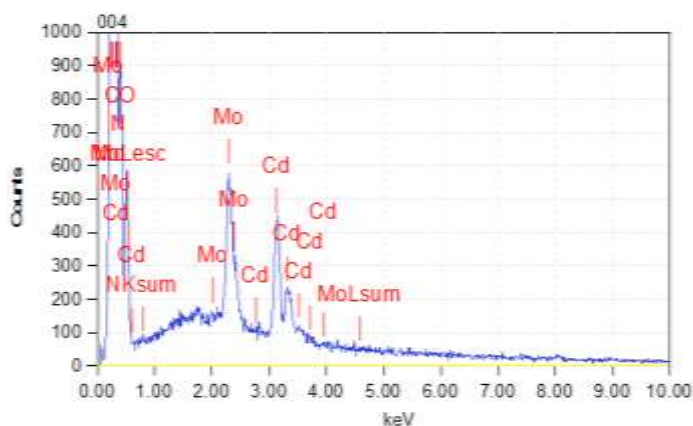
hiện các peak đặc trưng cho vật liệu nền $g\text{-C}_3\text{N}_4$ hay GO cũng như các peak đặc trưng cho CdMoO_4 [4-6, 10]. Tuy nhiên, hàm lượng CdMoO_4 có ảnh hưởng đến sự phân tán của CdMoO_4 trên vật liệu nền. Mẫu với hàm lượng $\text{CdMoO}_4 = 10\%$ xuất hiện các peak đặc trưng với cường độ thấp và không rõ, trong khi các mẫu với hàm lượng CdMoO_4 lớn hơn (20 và 30%) sự xuất hiện các peak đặc trưng rõ ràng hơn. Có thể ở hàm lượng thấp, CdMoO_4 bị phân tán mạnh làm giảm kích thước hạt do đó khó phát hiện được trong XRD. Để kiểm tra điều này, kích thước hạt CdMoO_4 đã được tính thông qua phương trình Scherrer [11] dựa vào peak đặc trưng chính ứng với mặt (112). Kết quả được trình bày ở bảng 1.



Hình 3. Giản đồ XRD của các mẫu tổng hợp với hàm lượng CdMoO_4 khác nhau

Bảng 1. Kích thước tinh thể CdMoO_4 trong các composite tổng hợp với hàm lượng CdMoO_4 khác nhau

Mẫu	HL10	HL20	HL30
Kích thước hạt (nm)	23,3	45,6	44,6



Hình 4. Phổ EDS của mẫu HL10

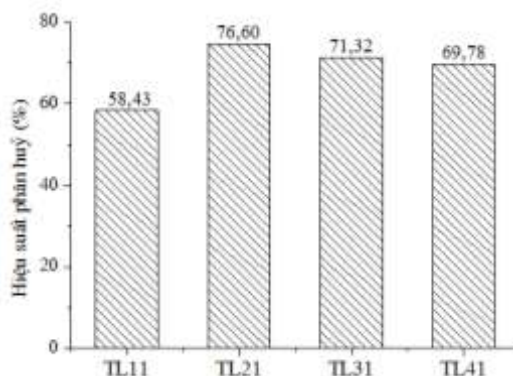
Như vậy, tinh thể CdMoO_4 phân tán trên chất nền đều đạt kích thước nano, tuy nhiên, ở hàm lượng CdMoO_4 10% kích thước của các tinh thể CdMoO_4 nhỏ hơn so với các hàm lượng lớn hơn.

Để kiểm tra sự có mặt của các nguyên tố có trong vật liệu tổng hợp, mẫu vật liệu với hàm lượng CdMoO_4 10% được đặc trưng bằng phương pháp EDX. Kết quả ở hình 4 cho thấy mẫu vật liệu tổng hợp chứa đầy đủ các nguyên tố có mặt trong vật liệu composite đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$, đó là: Cd, Mo, C, O và N.

Từ các khảo sát trên có thể thấy, để tổng hợp vật liệu đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ có độ tinh thể cao cần tiến hành trong dung môi methanol hoặc ethanol, tỉ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO} = 2:1$ và hàm lượng $\text{CdMoO}_4 \geq 20\%$.

2. Đánh giá hoạt tính quang xúc tác của vật liệu tổng hợp

Hoạt tính quang xúc tác của các mẫu tổng hợp được đánh giá thông qua phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng nhìn thấy. Hình 5 trình bày hiệu suất phân huỷ RhB của các mẫu vật liệu với tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ khác nhau.

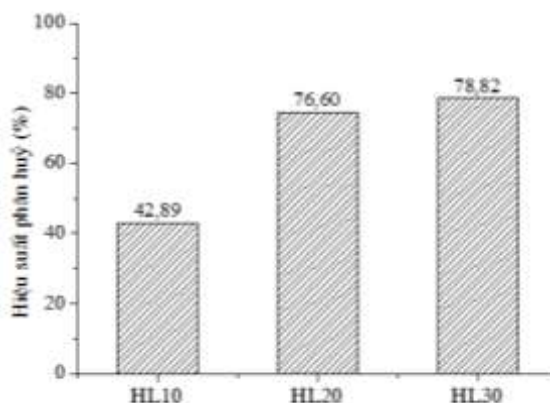


Hình 5. Hiệu suất phân huỷ RhB của các mẫu vật liệu tổng hợp với tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ khác nhau

Kết quả ở hình 5 cho thấy, vật liệu đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ tổng hợp thể hiện hoạt tính quang xúc tác tốt trong phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng nhìn thấy. Hiệu suất phân huỷ đạt 74,6% sau 240 phút đối với mẫu TL21. Hoạt tính xúc tác phụ thuộc vào tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$. Hoạt tính xúc tác tăng khi tăng tỷ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ từ 1:1 lên 2:1, tuy nhiên, hoạt tính lại giảm nhẹ khi tiếp tục tăng tỷ lệ này lên 3:1 và 4:1. Như đã trình bày trong nghiên cứu trước đây [8], $g\text{-C}_3\text{N}_4$ là chất bán dẫn có năng lượng vùng cấm hẹp, việc thêm $g\text{-C}_3\text{N}_4$ vào hệ sẽ làm giảm năng lượng vùng cấm của vật liệu composite tổng hợp nên vật liệu thể hiện được hoạt tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Trong khi GO có diện tích bề mặt lớn và có khả năng dẫn điện cao sẽ tăng khả năng phân tán của CdMoO_4 lên vật liệu cũng như làm giảm sự tái kết hợp giữa electron và lỗ trống quang sinh. Vì thế, khi tăng tỷ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ lúc đầu hoạt tính tăng có thể là do sự giảm năng lượng vùng cấm. Tuy nhiên, sau đó hoạt tính xúc tác lại giảm, có thể lúc này diện tích bề mặt giảm và độ dẫn điện giảm (do tỉ lệ $\text{GO}:g\text{-C}_3\text{N}_4$ giảm) đã làm tăng khả năng tái kết hợp giữa electron và lỗ

trống quang sinh [8]. Nói cách khác, tỷ lệ $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{:GO} = 2\text{:}1$ là thích hợp để vật liệu tổng hợp có hoạt tính cao nhất.

Hoạt tính quang xúc tác của các mẫu $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ với các hàm lượng CdMoO_4 khác nhau cũng được khảo sát và kết quả được trình bày trên hình 6.



Hình 6. Hiệu suất phân huỷ RhB của các mẫu vật liệu tổng hợp với hàm lượng CdMoO_4 khác nhau

Bảng 2. Hiệu suất phân huỷ RhB của một số vật liệu quang xúc tác

Vật liệu	Điều kiện thí nghiệm	Hiệu suất phân huỷ (%)	TLTK
CdSe/rGO	- Phẩm nhuộm: RhB, V = 62,5 mL, C = 15 mg/L - Lượng chất xúc tác: – - Thời gian khuấy: trong tối: 60 phút; chiếu đèn: 240 phút - Đèn: Halogen 500 W	83	[2]
$\text{TiO}_2/\text{N-graphene}$	- Phẩm nhuộm: RhB, V = 50 mL, C = 10 mg/L - Lượng chất xúc tác: 15 mg - Thời gian khuấy: trong tối: –; chiếu đèn: 180 phút - Đèn: Xenon 300 W	96	[3]
Rh-TiO_2	- Phẩm nhuộm: RhB, V = –, C = 10^{-5} M - Lượng chất xúc tác: 50 mg - Thời gian khuấy: trong tối: 30 phút; ánh sáng mặt trời: 180 phút	95	[12]
$\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$	- Phẩm nhuộm: RhB, V = 100 mL, C = 30 mg/L - Lượng chất xúc tác: 20 mg - Thời gian khuấy: trong tối: 120 phút; chiếu đèn: 240 phút - Đèn: Halogen 250 W	79	Nghiên cứu này

Ghi chú: ký hiệu “–” nghĩa là không có thông tin

Kết quả ở hình 6 cho thấy, hiệu suất phân huỷ RhB tăng nhanh từ 42,89 % với mẫu có hàm lượng CdMoO_4 = 10% lên 74,60% với mẫu có hàm lượng CdMoO_4 = 20% sau 240 phút phản ứng, nhưng sau đó hiệu suất chỉ tăng nhẹ lên 78,82 % với mẫu có hàm lượng CdMoO_4 = 30%. Hoạt tính quang xúc tác của vật liệu tổng hợp phụ thuộc vào hàm lượng chất bán dẫn CdMoO_4 nên khi hàm lượng CdMoO_4 tăng thì hoạt tính xúc tác tăng. Bên cạnh đó, việc tăng hàm lượng cũng làm tăng kích thước tinh thể CdMoO_4 nên làm tăng bề mặt tiếp xúc giữa CdMoO_4 và các chất nền, làm phát sinh nhiều electron và lỗ trống quang sinh hơn, do đó cũng góp phần làm tăng hoạt tính. Tuy nhiên, nếu hàm lượng CdMoO_4 lớn quá có thể lại làm tăng năng lượng vùng cấm và do đó làm giảm hoạt tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Vì thế, khi hàm lượng CdMoO_4 tăng từ 20% đến 30% thì hoạt tính tăng không đáng kể. Với hiệu suất phân huỷ đạt khoảng 79%, vật liệu composite tổng hợp cũng đã thể hiện hoạt tính quang xúc tác khá cao nếu so với một số chất xúc tác quang hoá khác đã công bố như trình bày ở bảng 2.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu quang xúc tác đa thành phần $\text{CdMoO}_4/\text{C}_3\text{N}_4/\text{GO}$ được tổng hợp bằng phương pháp gián tiếp như: dung môi, tỉ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ và hàm lượng CdMoO_4 . Kết quả cho thấy, dung môi methanol và ethanol thích hợp để tổng hợp vật liệu, trong khi dung môi nước không thích hợp. Tỉ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ = 2:1 là thích hợp cho sự phân tán CdMoO_4 tốt nhất. Hàm lượng CdMoO_4 ảnh hưởng đến độ phân tán của CdMoO_4 trên vật liệu, hàm lượng tăng độ phân tán giảm. Vật liệu $\text{CdMoO}_4/\text{GO}/\text{C}_3\text{N}_4$ thể hiện hoạt tính quang xúc tác cao trong phản ứng phân huỷ RhB dưới tác dụng của ánh sáng khả kiến. Hiệu suất phân huỷ phụ thuộc vào tỉ lệ khối lượng $g\text{-C}_3\text{N}_4:\text{GO}$ và hàm lượng CdMoO_4 .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Q. Wang, Q. Gao, A. M. Al-Enizi, A. Nafady and S. Ma (2020). Recent advances in MOF-based photocatalysis: environmental remediation under visible light, *Inorg. Chem. Front.*, 7, 300–339.
- [2] P. Xie, S. Xue, Y. Wang, Z. Gao, H. Feng, L. Li, R. Zou (2016). Morphology-controlled synthesis of CdSe microspheres on graphene oxide sheets and their photocatalytic properties, *Ceram. Int.*, 42(16), 18264-18270.
- [3] N. Ou, H. Li, B. Lyu, B. Gui, X. Sun, D. Qian, Y. Jia, X. Wang and J. Yang (2019). Facet-dependent interfacial charge transfer in TiO_2 /Nitrogen-doped graphene quantum dots heterojunctions for visible-light driven photocatalysis, *Catalysts*, 9, 345-360.
- [4] Y. Zhang, J. Liu, G. Wuab and W. Chen (2012). Porous graphitic carbon nitride synthesized via direct polymerization of urea for efficient sunlight-driven photocatalytic hydrogen production, *Nanoscale*, 4, 5300–5303.
- [5] Y. Leng, W. Guo, S. Su, C. Yi, L. Xing (2012). Removal of antimony (III) from aqueous solution by graphene as an adsorbent, *Chem. Eng. J.*, 211–212, 406–411.
- [6] L. Zhao, L. Zhang, H. Lin, Q. Nong, M. Cui, Y. Wu, Y. He (2015). Fabrication and characterization of hollow CdMoO_4 coupled $g\text{-C}_3\text{N}_4$ heterojunction with enhanced photocatalytic activity, *J. Hazard. Mater.*, 299, 333–342.

- [7] S. R. Kadam, R. P. Panmand, S. Tekale, S. Khore, C. Terashima, S. W. Gosavi, A. Fujishima and B. B. Kale (2018). Hierarchical CdMoO₄ nanowire–graphene composite for photocatalytic hydrogen generation under natural sunlight, *RSC Adv.*, 8, 13764.
- [8] Nguyễn Thị Anh Thư, Nguyễn Minh Quốc, Võ Thị Thanh Châu, Hoàng Văn Đức (2018). Tổng hợp vật liệu xúc tác quang CdMoO₄/GO/C₃N₄ bằng Phương pháp gián tiếp, *Tạp chí Hoá học*, 56(6E2), 137-141.
- [9] Nguyễn Thị Anh Thư, Đỗ Thị Ngọc Cẩm, Hoàng Văn Đức (2017). Nghiên cứu tổng hợp chất xúc tác Fe₂O₃/graphen oxit dạng khử bằng phương pháp thủy nhiệt, *Tạp chí Hoá học*, T.55 (4e23), 256-260.
- [10] P. Madhusudana, J. Zhanga, J. Yua, B. Cheng, D. Xu, J. Zhang (2016). One-pot template-free synthesis of porous CdMoO₄ microspheres and their enhanced photocatalytic activity, *Appl. Surf. Sci.* 387, 202–213.
- [11] E. Sohoul, M. S. Karimi, E. M. Khosrowshahi, M. Rahimi-Nasrabadi, F. Ahmadi. (2020). Fabrication of an electrochemical mesalazine sensor based on ZIF-67, *Measurement*, 165, 108140.
- [12] E. A. Obuya, W. Harrigan, T. O'Brien, D. Andala, E. Mushibe and W. E. Jones (2011). Fabrication of Rh-doped TiO₂ nanofibers for visible light degradation of rhodamine B, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 113-118.

Title: SYNTHESIS OF CdMoO₄/C₃N₄/GO MULTI-COMPONENT PHOTOCATALYST: INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING THE STRUCTURE OF MATERIALS

Abstract: In this paper, the CdMoO₄/C₃N₄/GO multi-component photocatalyst was synthesized using the indirect method. The influence of solvent, mass ratio of *g*-C₃N₄:GO and content of CdMoO₄ on the structure of the materials were investigated. The obtained samples were characterized by the X-ray diffraction (XRD) and the energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The experimental results showed that CdMoO₄ was successfully dispersed onto the matrix *g*-C₃N₄ and graphene oxide (GO). Aqueous solvent was not suitable for synthesizing CdMoO₄/C₃N₄/GO heterojunctions, while methanol and ethanol solvents were suitable. The mass ratio of *g*-C₃N₄/GO = 2:1 was the best for the dispersion of CdMoO₄ over the matrix. CdMoO₄/C₃N₄/GO heterojunctions exhibited high photocatalytic activity in rhodamine B degradation under the visible light. The degradation efficiency depended on the *g*-C₃N₄:GO mass ratio and the CdMoO₄ content.

Keywords: CdMoO₄, *g*-C₃N₄, Graphene oxide, photocatalytic material, Rhodamine B.