



Nghiên cứu tổng hợp và sử dụng vật liệu nanocomposite trên cơ sở graphene oxide khử để nâng cao hiệu quả hấp thu nhiệt mặt trời trong quá trình chưng cất nước mặn thành nước ngọt

Synthesis and application of reducing graphene oxide based nanocomposite materials to improve the solar thermal absorption efficiency for distilling saline water into fresh water

Bùi Thị Lệ Thuỷ

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18-phố Viên, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: [thuykhai2001@gmail.com](mailto:thuykhai2001@gmail.com)

#### ARTICLE INFO

Received: 03/01/2020

Accepted: 20/3/2020

#### Keywords:

Ionic liquid, extraction, sorption, recovery of platinum, spent catalysts.

#### ABSTRACT

This work presents the preparation and characterization of some nanocomposite materials based on reduced graphene oxide (rGO) ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ ). Thermal sorption ability of prepared nanocomposite materials in salty water were measured. Results showed that all investigated materials that were dispersed in salty water raised the thermal absorption ability of solutions.  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  gave the highest thermal absorption efficiency (the temperature difference between the blank sample and the sample containing  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  with content of 0.5 mg/mL is  $8^\circ\text{C}$ ). The thermal sorption increased with increasing the concentration of materials in solution and the suitable concentration of 5 mg/mL was found. The addition of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  increased the thermal sorption and created magnetic property of material.  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  was recovered by magnet with high yield up to 98%; Only a minor decrease in thermal sorption ability of recovered material was observed. The distillation rate of salty water dispersed  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  using solar energy was four times higher than without dispersing it. The results showed that these nanocomposite materials can be used to increase the efficiency of thermal absorption in the process of distilling salty water into fresh water.

## 1. Giới thiệu

Cạn kiệt nguồn nước sinh hoạt đang là vấn đề mang tính toàn cầu mà hầu hết các quốc gia trên thế giới đã và đang phải đối mặt. Thật vậy, theo thống kê hiện nay trên thế giới có tới 1,5 tỷ người bị khát nước, 1 tỷ người đang phải sử dụng nước bị ô nhiễm và 120 quốc gia đang bị thiếu nước ngọt [1]. Mỗi năm có

hàng triệu người chết vì những căn bệnh liên quan đến việc dùng nước bị ô nhiễm, dự báo đến năm 2030, lượng nước trên toàn cầu giảm đến 40%. Lượng nước sụt giảm tác động lớn đến sinh hoạt, sản xuất lương thực, vệ sinh và sức khỏe cộng đồng, cũng như 98% hoạt động sản xuất điện năng trên toàn cầu. Việt Nam đang được xếp vào nhóm quốc gia bị thiếu nước, có tới 20% dân số Việt Nam hiện chưa từng được tiếp cận

với nguồn nước sạch. Trong khi đó nguồn nước mặn dồi dào chiếm 70% diện tích bề mặt trái đất vẫn chưa được tận dụng triệt để [2].

Với mục đích tận dụng nguồn năng lượng tự nhiên sẵn có để giảm chi phí, công nghệ chưng cất nước bằng năng lượng mặt trời đã được nghiên cứu và sử dụng từ lâu. Nhược điểm chính của công nghệ này là rất nhiều năng lượng mặt trời bị lãng phí trong quá trình chưng cất, nước chỉ hấp thu được 13% năng lượng bức xạ. Thậm chí những dụng cụ chưng cất tốt nhất cũng cần rộng đến  $6\text{m}^2$  để tạo ra đủ nước cho một người dùng trong một ngày (2,5-5  $\text{l/m}^2/\text{ngày}$ ). Các nhà khoa học đang quan tâm nghiên cứu công nghệ để nâng cao hiệu suất hấp thu nhiệt và bay hơi nước của các hệ thống hấp thu năng lượng mặt trời cho các mục đích khác nhau. Một phương pháp hiệu quả là phân tán các vật liệu nano có khả năng nâng cao hiệu suất hấp thu nhiệt vào trong môi trường chất lỏng: nước, glycol, dầu... gọi là nanofluid [3,4]. Nanofluid chứa các hạt nano khác nhau: dạng kim loại (Cu, Ag, Au, Ni), oxit kim loại ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ...), cacbua kim loại (AlN, SiN), dạng C (carbon nanotubes, graphite...) đã được nghiên cứu. Một số nanocomposite (hybrid nanoparticles) đã được đưa vào chất lỏng và cho hiệu quả cao hơn dạng hạt nano một thành phần [5]. Các nanofluid thường được sử dụng trong chưng cất nước mặn ở dạng: đưa vào thiết bị trao đổi nhiệt để gia nhiệt cho nước mặn và đưa vào trong bình chưng cất chứa nước mặn (phương pháp hấp thu nhiệt trực tiếp).

Trong công trình này, với mong muốn kết hợp nhiều thành phần để tăng hiệu quả hấp thu nhiệt, hệ vật liệu nanocomposite có từ tính trên cơ sở graphene oxit ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{GO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{GO}$ ) được tổng hợp và đặc trưng bằng các phương pháp X-ray, phổ hồng ngoại, SEM và EDX. Khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu và khả năng thu hồi tái sử dụng vật liệu được nghiên cứu một cách hệ thống.

## 2. Thục nghiệm

### 2.1 Vật liệu

Graphite loại tinh khiết (99%) mua của Công ty Sigma- Aldrich,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (98%),  $\text{KMnO}_4$  (loại tinh thể, 99%),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%),  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (99%), HCl (36-38%),  $\text{NaNO}_3$  (99%),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (99%),  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  Ethanol (99,7%), acid ascorbic (99,9%) và  $\text{NH}_3$  (25%) được cung cấp bởi nhà máy hóa chất Guangdong Guanghua, Trung Quốc.

## 2.2 Tổng hợp vật liệu nanocomposite để hấp thu năng lượng mặt trời

### 2.2.1 Tổng hợp GO bằng phương pháp Humers:

Cho 3 g bột graphit vào 42 ml dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% trong một cốc 1000 ml được ngâm sẵn trong chậu đá muối lạnh ( $0^\circ\text{C}$ ), khuấy liên tục trong 30 phút với tốc độ khuấy 350 vòng/phút. Thêm từ từ 0,45 g  $\text{KMnO}_4$  vào hỗn hợp đang được khuấy trên. Tốc độ cho  $\text{KMnO}_4$  phải đảm bảo sao cho hỗn hợp không vượt quá  $0 \pm 5^\circ\text{C}$ . Thêm 9 g  $\text{KMnO}_4$  vào hỗn hợp đang được khuấy trên, tốc độ cho  $\text{KMnO}_4$  phải đảm bảo sao cho nhiệt độ hỗn hợp không vượt quá  $35 \pm 3^\circ\text{C}$ . Khuấy tiếp trong 30 phút. 120 mL nước cất được thêm vào hỗn hợp rất từ từ để tránh hiện tượng quá nhiệt cục bộ, nhiệt độ của hệ được giữ ở  $90^\circ\text{C}$ , tiếp tục khuấy trong 30 phút. Thêm tiếp 80 mL  $\text{H}_2\text{O}$  để dừng phản ứng, nhiệt độ  $\sim 50^\circ\text{C}$ , khuấy tiếp 20 phút. Thêm 10,5 mL dung dịch  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% vào hỗn hợp, khuấy khoảng 20 phút. Sản phẩm được lọc rửa với dung dịch HCl 0,1 M sau đó rửa nhiều lần với nước cất và ly tâm đến pH = 7, sấy khô ở nhiệt độ  $60^\circ\text{C}$  trong chân không thu được graphite oxide. Hỗn hợp đã sấy khô được nghiền mịn bằng cối đá mã nã và bảo quản trong bình kín. Thêm tiếp 80 mL  $\text{H}_2\text{O}$  để dừng phản ứng, nhiệt độ  $\sim 50^\circ\text{C}$ , khuấy tiếp 20 phút. 10,5 mL dung dịch  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% được cho vào hỗn hợp, khuấy khoảng 20 phút. Sản phẩm được lọc rửa với dung dịch HCl 0,1 M, sau đó rửa nhiều lần với nước cất và ly tâm đến pH = 7, sấy khô ở nhiệt độ  $60^\circ\text{C}$  trong chân không, thu được graphit oxide. Hỗn hợp sấy khô được nghiền mịn bằng cối đá mã nã và bảo quản trong bình kín.

### 2.2.2 Tổng hợp graphene oxit khử

Cho 1 g GO vào 300 ml nước cất, sau đó siêu âm trong 1h. Khuấy và gia nhiệt huyền phù GO đến nhiệt độ  $50^\circ\text{C}$ , thêm 10g ascorbic axit được thêm từ từ và khuấy trong 8h ở  $50^\circ\text{C}$ . Hỗn hợp được rửa với 120 ml ethanol (hoặc nước cất), lọc lấy phần rắn, sấy trong 24h ở  $80^\circ\text{C}$ . Sản phẩm thu được là reduced graphen oxit (rGO).

### 2.2.2 Tổng hợp $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$

Pha dung dịch  $\text{AlCl}_3$  1 M trong ethanol cho vào bình định mức 100 ml, khuấy dung dịch trong khoảng 30 phút. Nhỏ từ từ dung dịch  $\text{NH}_3$  vào dung dịch đến khi pH=9 (lúc này xuất hiện kết tủa màu trắng). Cho

hỗn hợp kết tủa vào autoclave, sấy ở 200°C trong 3 giờ. Rửa kết tủa đến pH=7 và sấy ở 80°C. Cuối cùng, nung kết tủa ở 500°C trong 5h thu được Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Để tổng hợp vật liệu hỗn hợp rGO và Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, phân tán 0,1g rGO trong 200 ml nước, sau đó đem đi siêu âm trong 1h. Thêm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vào huyền phù rGO và khuấy đều trong vòng 6h. Cuối cùng, sản phẩm được sấy ở 70 °C trong vòng 12h.

### 2.2.3 Tổng hợp Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO

Quá trình tổng hợp được tham khảo các tài liệu [12,13]. Hòa tan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O và FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O vào 150 ml nước cất. Khuấy trên bếp từ trong 30 phút, thu được dung dịch màu vàng sáng. Sau 30 phút, nhỏ từ từ dung dịch NH<sub>3</sub> đến khi pH=10. Khuấy tiếp trong 30 phút ở 65°C. Sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn, các hạt kết tủa màu đen được thu lấy bằng nam châm, sau đó rửa nhiều lần với nước và ethanol đến pH=7. Các hạt nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> được sấy ở 60 °C.

Tổng hợp Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO: phân tán 0,3 g rGO trong 300 ml nước cất, sau đó đem đi siêu âm trong 30 phút, thu được huyền phù rGO. Thêm 0,15 g nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> vào dung dịch và siêu âm 30 phút. Sau khi siêu âm thu được một huyền phù đồng nhất, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO được thu lại bằng nam châm và sấy ở 60°C.

### 2.2.4 Tổng hợp Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO

Phân tán 0,3 g Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO trong 300 ml nước cất, sau đó đem đi siêu âm trong 30 phút, thu được huyền phù Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO tiếp theo thêm 0,3 g các hạt nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> vào huyền phù Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO và siêu âm 30 phút. Sau khi siêu âm thu được một huyền phù đồng nhất, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO được thu lại bằng nam châm và để khô tự nhiên.

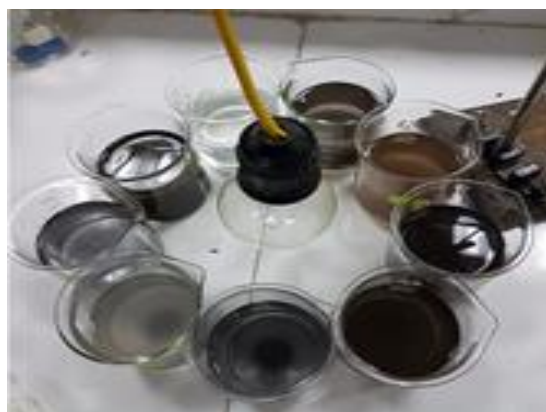
### 2.3 Đánh giá khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu

Dùng ống đồng để đồng chính xác 200 ml dung dịch nước muối 3,5% cho vào các cốc dung tích 250 ml. Sau đó cân chính xác 0,15 g mỗi mẫu vật liệu cho vào 5 cốc. Các mẫu được ký hiệu là M1, M2... Các mẫu thí nghiệm được xếp thành 1 vòng tròn, sau đó đặt bóng đèn ở giữa vòng tròn. Đo nhiệt độ ban đầu trong mỗi cốc đựng mẫu. Bật bóng đèn, sau mỗi 10 phút ghi lại nhiệt độ trong mỗi mẫu thí nghiệm.

*Khảo sát sự ảnh hưởng của cường độ ánh sáng đến khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu*

Chuẩn bị mẫu vật liệu hấp thụ nhiệt, nước muối 3,5 %, bóng đèn hồng ngoại và nhiệt kế. Sau khi chuẩn bị vật liệu thí nghiệm, hòa tan các mẫu vật liệu hấp thu

nhiệt cao nhất vào nước muối 3,5% sau đó đem đi siêu âm để các mẫu vật liệu phân tán tốt trong nước muối. Xếp các cốc thành vòng tròn xung quanh bóng đèn, cách 5 cm. Đo nhiệt độ ban đầu của các mẫu thí nghiệm. Bật đèn 200 W và cứ 10 phút ghi lại sự thay đổi nhiệt độ của mẫu thí nghiệm.



Hình 1. Thí nghiệm đo khả năng hấp thu nhiệt

### 2.4.Thực nghiệm đánh giá khả năng thu hồi và tái sinh vật liệu

*Đánh giá khả năng thu hồi vật liệu*

Lấy mẫu vật liệu có khả năng hấp thu nhiệt cao nhất đem đi đánh giá khả năng thu hồi vật liệu. Ghi lại thời gian mẫu được thu hồi hoàn toàn bằng nam châm và tính hiệu suất thu hồi mẫu vật liệu.

*Thực nghiệm đánh giá khả năng tái sinh của vật liệu*

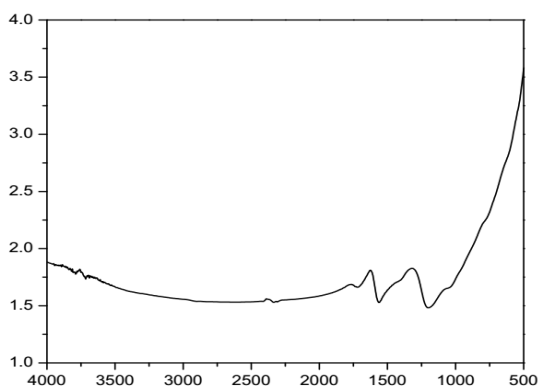
Mẫu vật liệu sau khi thu hồi, được đem đi thử nghiệm khả năng hấp thu nhiệt. Đầu tiên hòa tan các mẫu vật liệu sau khi thu hồi với hàm lượng lần lượt là 0,5 mg/ml, 1 mg/ml, 1,5 mg/ml và 2 mg/ml. Sau đó xếp các mẫu thành 1 vòng tròn, đặt bóng đèn ở giữa vòng tròn với khoảng cách 5 cm như trên. Tiếp theo, đo nhiệt độ ban đầu của mỗi cốc và bật bóng đèn, sau mỗi 10 phút ghi lại nhiệt độ trong mỗi mẫu thí nghiệm. So sánh kết quả hấp thu nhiệt của vật liệu sau khi tái sinh với khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu ban đầu.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1 Đặc trưng vật liệu

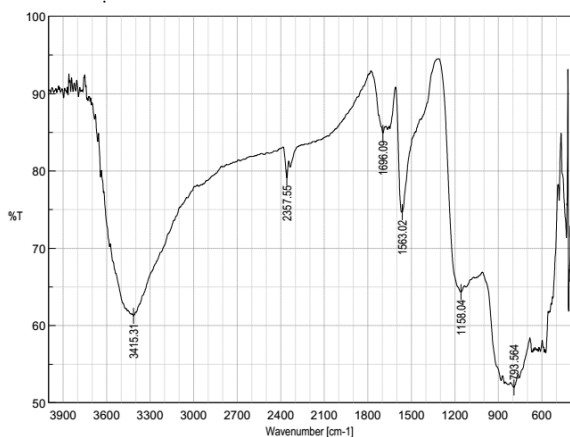
#### 3.1.1 Phổ hồng ngoại

Phổ FT-IR của các vật liệu rGO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO và Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO được trình bày ở hình 2-5.



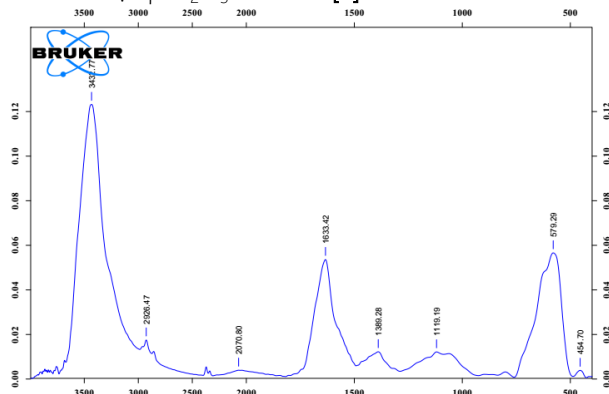
Hình 2. Phổ FT-IR của rGO.

Kết quả đo phổ hồng ngoại của rGO ở Hình 2 cho thấy chỉ xuất hiện hai phổ đặc trưng cho dao động hóa trị của nhóm C=C và C-OH tương ứng tại khoảng 1585 và 1180  $\text{cm}^{-1}$ . So sánh phổ rGO với phổ GO nhận thấy các phổ của nhóm O-H và C=O đã giảm nhiều, như vậy có thể kết luận phần lớn nhóm -COOH và -OH đã bị khử.



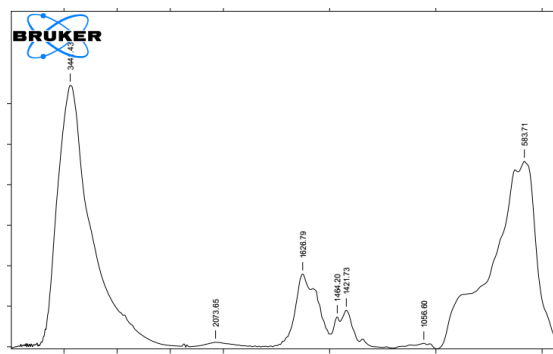
Hình 3 Phổ FTIR của mẫu  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ .

Sau khi đưa hạt  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  lên vật liệu nền rGO, có sự xuất hiện phổ của các nhóm C=C và C-OH (Hình 3) tương ứng tại 1563 và 1158  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho vật liệu rGO [9], đồng thời quan sát được dao động của nhóm Al-O-Al nằm trong khoảng 600-800  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho các hạt  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  đưa vào [9].



Hình 4 Phổ hồng ngoại FTIR của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$ .

Phổ FTIR đo được của  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{rGO}$  ở Hình 4 cho thấy mẫu hỗn hợp có sự xuất hiện dao động hóa trị của các nhóm chức C=C và C-OH đặc trưng cho vật liệu nền rGO tương ứng với các khoảng 1633 và 1119  $\text{cm}^{-1}$  [8]. Bên cạnh đó xuất hiện thêm dao động hóa trị của nhóm Fe-O tại 579  $\text{cm}^{-1}$  [10].

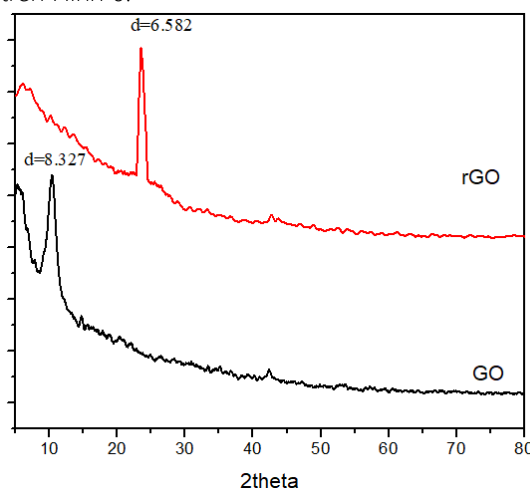


Hình 5 Phổ hồng ngoại FTIR của  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ .

Kết quả đo phổ hồng ngoại FTIR của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  (Hình 5) cho thấy các phổ đặc trưng của các hạt nano sắt từ và  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  lên bề mặt của vật liệu rGO. Cụ thể là dao động của nhóm Fe-O (khoảng 571 - 658  $\text{cm}^{-1}$ , Hình 3) nhóm chức Al-O-Al gần 800  $\text{cm}^{-1}$  [9,10]. Ngoài ra các dao động ở 1626  $\text{cm}^{-1}$  và 1056  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho nhóm C=C và C-OH của vật liệu rGO.

### 3.1.2 Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD)

Kết quả đo phổ X-ray của GO và rGO được trình bày trên Hình 6.

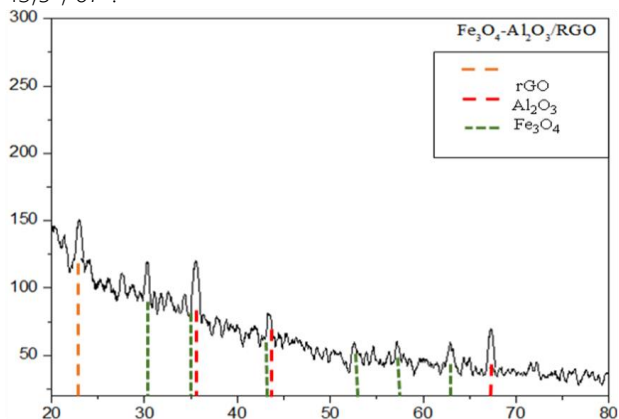


Hình 6 Kết quả đo XRD của GO và rGO

Giản đồ của GO có xuất hiện đỉnh đặc trưng của ở  $2\theta = 10,58^\circ$ . Phổ XRD của rGO có xuất hiện đỉnh đặc trưng của ở  $2\theta = 23,50$ .

Giản đồ nhiễu xạ tia X đo được của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  được thể hiện ở Hình 7. Quan sát kết quả nhiễu xạ tia X (XRD) của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  (Hình 7) ta thấy có sự xuất hiện của vật liệu nền rGO ở góc

$2\theta = 23^\circ$ . Các hạt  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  quan sát được tại góc  $2\theta$ :  $35,5^\circ$ ;  $43,5^\circ$ ;  $67^\circ$  [8]. Trong khi đó các nhiễu xạ của hạt sắt từ  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  quan sát được tại góc  $2\theta$ :  $30,5^\circ$ ;  $35,5^\circ$ ;  $43,5^\circ$ ;  $67^\circ$ .

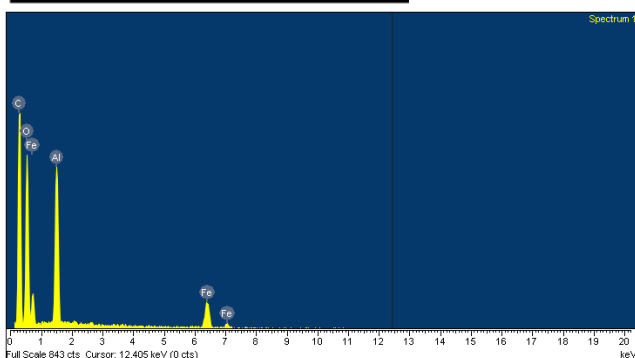


Hình 7 Nhiễu xạ tia X đo được của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ .

### 3.1.3 Phương pháp phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX)

Phổ EDX của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  được trình bày ở Hình 8.

Element	Weight%	Atomic%
C K	44.02	56.51
O K	37.05	35.71
Al K	8.66	4.95
Fe K	10.26	2.83
Totals	100.00	

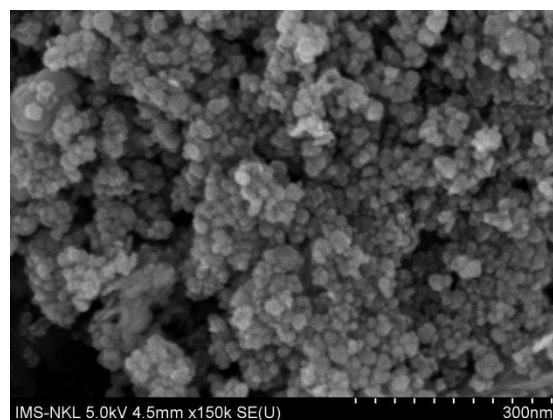


Hình 8 Kết quả đo EDX của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ .

Từ kết quả EDX cho thấy trong vật liệu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  có sự có mặt của Fe ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Al ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) và C (rGO). Cụ thể là hàm lượng carbon trong vật liệu nền rGO chiếm 44,02% về mặt khối lượng trong khi hàm lượng nhôm và sắt đạt 8,66% và 10,26% theo thứ tự. Hàm lượng oxy chiếm 37,05% là do có sự đóng góp của oxy trong  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , đồng thời vẫn còn oxy trong các nhóm chức của vật liệu rGO do quá trình khử diễn ra chưa hoàn toàn.

### 3.1.4 Phương pháp hiển vi điện tử quét (SEM)

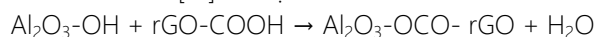
Kết quả đo SEM của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$  được thể hiện ở Hình 9.



Hình 9 Kết quả đo SEM của mẫu  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{rGO}$ .

Kết quả đo SEM ở Hình 9 cho thấy các hạt có kích thước đồng cỡ nano (20 nm).

Khi hỗn hợp oxit nhôm và oxit sắt với rGO, các nhóm chức trên bề mặt oxit (OH) có thể tương tác với các nhóm chức trên bề mặt rGO (COOH) để gắn các hạt nano với nhau [12]. Ví dụ:



Kết quả này cũng thể hiện khi dùng nam châm để thu hồi (mục 3.2.3) thì khoảng 98% vật liệu bị hấp dẫn bởi nam châm chứng tỏ có sự tương tác và phối trộn khá tốt giữa ba hợp phần.

### 3.2 Đánh giá khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu tổng hợp được

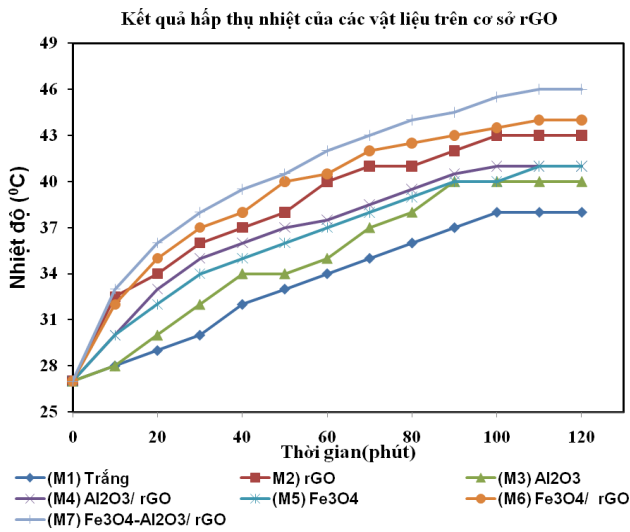
Việc khảo sát khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu được tiến hành theo các bước sau: đo khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu, khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng đến khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu và khả năng thu hồi vật liệu.

#### 3.2.1 Kết quả đo khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu khác nhau

Để đánh giá sự tăng khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu tổng hợp được, các vật liệu được phân tán vào nước biển với nồng độ 0,5 mg/mL. Dem chiếu sáng các hỗn hợp và đo nhiệt độ định kỳ tại các thời điểm khác nhau để so sánh. Kết quả được trình bày ở hình 10.

Tất cả các vật liệu nghiền cứu đều làm tăng khả năng hấp thu nhiệt của nước muối 3,5%. So sánh các mẫu M2, M3 và M5 ta thấy khi dùng riêng lẻ thì rGO có khả năng hấp thu nhiệt tốt hơn  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Điều này phù hợp vì rGO với C chủ yếu ở trạng thái lai

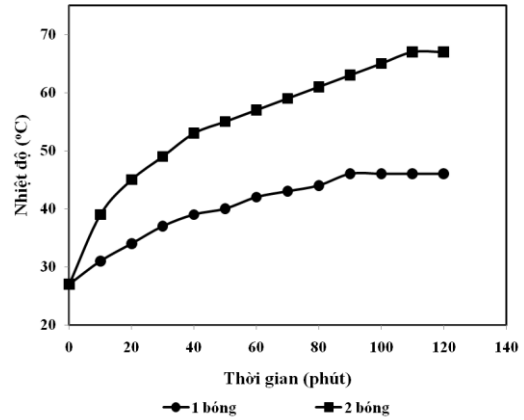
hoá  $sp^2$  với các orbital  $\pi$  liên hợp và các electron linh động. Khi phối hợp rGO và  $Al_2O_3$  thì khả năng hấp thu nhiệt của rGO giảm nhưng vẫn cao hơn mẫu trắng. Khi rGO phối hợp với  $Fe_3O_4$  thì nhiệt hấp thu bởi dung dịch chứa vật liệu tăng lên cao hơn so với mẫu dung dịch chỉ có GO hoặc  $Fe_3O_4$ . Đặc biệt, ở mẫu có sự kết hợp của  $Fe_3O_4$ ,  $Al_2O_3$  và GO thì khả năng hấp thu nhiệt cao nhất, cao hơn  $8^\circ C$  so với mẫu trắng. Sự khác biệt này sẽ càng tăng khi nhiệt độ môi trường càng cao (trời nắng to). Điều này chứng tỏ vật liệu gồm rGO hỗn hợp với cả  $Fe_3O_4$  và  $Al_2O_3$  là mẫu vật liệu có khả năng hấp thu nhiệt và dẫn nhiệt tốt nhất trong các mẫu vật liệu tổng hợp được.



Hình 10. Sự tăng khả năng hấp thu nhiệt của các vật liệu trên cơ sở rGO

### 3.2.2 Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng đến khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu

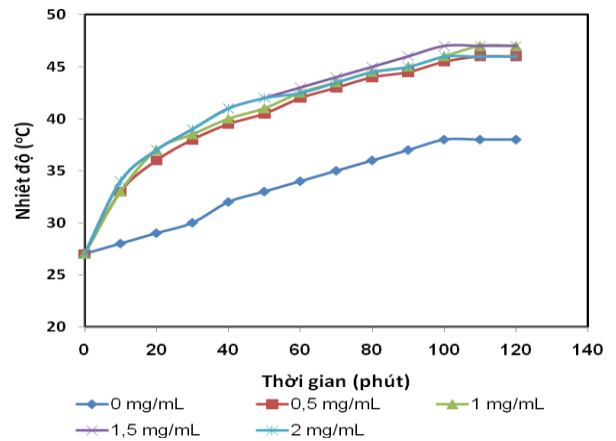
Sau khi thử nghiệm đánh giá khả năng hấp thu nhiệt của hai dãy vật liệu trên cơ sở graphene oxide khử, kết quả cho thấy vật liệu  $Fe_3O_4-Al_2O_3/rGO$  có khả năng hấp thu nhiệt tốt nhất. Vì vậy, vật liệu này được lựa chọn để khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu đến khả năng hấp thu nhiệt của chúng để xác định tỷ lệ  $m_{\text{vật liệu}}/m_{H_2O}$  thích hợp cho hiệu suất hấp thu cao nhất đồng thời tránh lãng phí vật liệu. Tiến hành tương tự như thí nghiệm đánh giá sự tăng hiệu quả hấp thu nhiệt của vật liệu. Kết quả thu được ở bảng Hình 11.



Hình 11. Ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng đến khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu

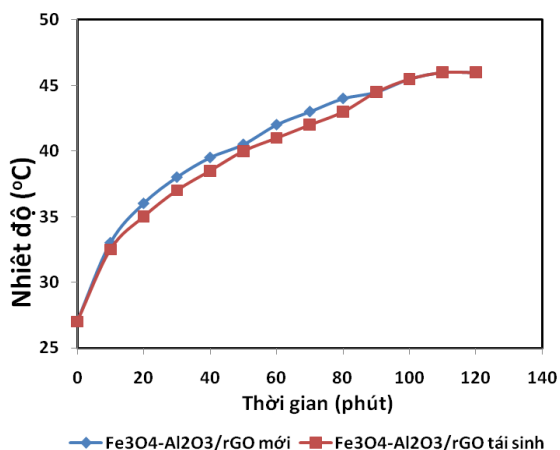
### 3.2.3 Kết quả thử nghiệm đánh giá khả năng thu hồi và tái sinh vật liệu

Như đã trình bày trong phần tổng quan, sau một thời gian sử dụng, vật liệu hấp thu sẽ bị dính muối NaCl nên cần thu hồi và tái sử dụng. Để quá trình thu hồi xảy ra nhanh và triệt để, oxide sắt từ được đưa vào thành phần vật liệu để tạo ra vật liệu có từ tính và có thể thu hồi bằng từ trường. Việc đưa oxide sắt từ còn tạo hiệu ứng hiệp đồng làm tăng khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu.



Hình 12 Ảnh hưởng của hàm lượng  $Fe_3O_4-Al_2O_3/rGO$  đến khả năng hấp thu nhiệt

Kết quả thực nghiệm cho thấy, mẫu vật liệu nếu để lắng tự nhiên thì quá trình thu hồi vật liệu chậm và không hoàn toàn. Tuy nhiên, khi sử dụng nam châm để thu hồi thì sau 10 phút, vật liệu đã bị nam châm hút hết về phía đáy cốc. Kết quả sau khi gạn bỏ nước và sấy, cân lượng vật liệu thu được, hiệu suất thu hồi đạt 98%. Điều này chứng tỏ vật liệu chế tạo được có khả năng thu hồi tốt.



Hình 13. Khả năng tái sử dụng của vật liệu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO

Vật liệu sau khi thu hồi được làm sạch và đánh giá khả năng hấp thu nhiệt. Hình 11 cho thấy vật liệu tái sinh sau 5 lần vẫn có khả năng hấp thu nhiệt giảm không đáng kể.

### 3.4 Kết quả đánh giá khả năng thu hồi nước ngọt từ nước mặn

Tiến hành pha Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO vào dung dịch nước muối 3,5% với nồng độ 0.5 mg/mL rồi đưa vào thiết bị chưng cất sử dụng năng lượng mặt trời (hình 14).



Hình 14. Chuẩn bị thử nghiệm đánh giá khả năng thu hồi nước ngọt

Kết quả thử nghiệm ngoài trời cho thấy, khi cho thêm vật liệu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO thì khả năng hấp thu nhiệt của nước muối tăng lên đáng kể. Lượng hơi nước ở phía hệ có vật liệu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO nhiều hơn so với nước muối thông thường. Nhiệt độ của mẫu thí nghiệm có Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO là 52°C, trong khi đó ở hệ chỉ có nước muối thì nhiệt độ là 44°C.

Kết quả sau 4 giờ thí nghiệm, lượng nước ngọt thu được từ hệ có vật liệu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO là 22 ml, trong khi đó ở hệ chỉ có nước muối 3,5% thì chỉ thu được 5 ml. Kết quả này đã chứng tỏ tiềm năng sử dụng vật liệu Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO chế tạo ra trong quá trình chưng cất nước mặn thành nước ngọt sử dụng năng lượng mặt trời.

### Kết luận

Đã tổng hợp thành công các vật liệu hấp thu trên cơ sở rGO gồm: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO và Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO. Kết quả phân tích bằng phổ FT-IR, X-ray, SEM, EDX đã chứng tỏ sự tạo thành của các vật liệu. Kết quả đo khả năng hấp thu cho thấy các vật liệu khi dùng phối hợp cho hiệu quả hấp thu nhiệt hơn khi dùng đơn lẻ. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/rGO cho hiệu quả hấp thu cao nhất (chênh lệch nhiệt độ giữa mẫu trắng và mẫu có phân tán vật liệu nồng độ 0,5 mg/mL là 8°C. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của hàm lượng đến khả năng hấp thu nhiệt của vật liệu cho thấy khi tăng nồng độ hơn 1.5mg/mL thì hiệu suất hấp thu giảm khi chiếu sáng lâu hơn 80 phút. Vật liệu có từ tính nên hiệu quả thu hồi cao tới 98%, vật liệu sau thu hồi có hiệu quả hấp thu nhiệt xấp xỉ vật liệu mới.

### Tài liệu tham khảo

1. P. Raj, S. Subudhi, Renewable and Sustainable Energy Reviews 84 (2018) 54–74. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.012>
2. W. S. Sarsam, S.N. Kazi, A. Badarudin, Solar Energy 122 (2015) 1245–1265. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.10.032>
3. L. Syam Sundara, K.V. Sharmab, M. K. Singha, A.C.M. Sousa, Renewable and Sustainable Energy Reviews 68 (2017) 185–198. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.108>
4. Z.M. Omara, A.E. Kabeel, F.A. Essa, Energy Convers. Manag. 103 (2015) 965–972. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.035>
5. B.Madhu, E. B. Subramanian, P.K. Nagarajan, R. Sathyamurthy, D. Mageshbabu, FME Transactions (2017) 45, 524–530 524. <https://doi.org/10.5937/fmet1704524M>
6. Y. Liu, S. Yu, R. Feng, A. Bernard, Y. Liu, Y. Zhang, H. Duan, W. Shang, P. Tao, C. Song, T.A. Deng, Adv. Mater. 27, (2015) 2768–2774. <https://doi.org/10.1002/adma.201500135>
7. L. Sun, Chinese Journal of Chemical Engineering, 27 (2019), 2251–2260 <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2019.05.003>Get rights and content

9. Á. B. Sifontes, B. Gutierrez, A. Mónaco, A. Yanez, Y. Díaz, F. J. Méndez, L. Llovera, E. Cañizales, J. L. Brito,, *Biotechnology Reports*, 4 (2014), 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2014.07.001>
10. F. Malega, I.P. T. Indrayana, E. Suharyadi, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 7 (2018), 13-22. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2913>
- 11.V. Loryuenyong, K. Totepvimarn, P. Eimburanaprat, W. Boonchompoo, A. Buasri, "Preparation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods, *Advances in Materials Science and Engineering* 2013 (9) <https://doi.org/10.1155/2013/923403>
13. X. Wang , G. Ou, N. Wang, H. Wu, *ACS Appl. Mater. Interfaces* (2016), 8, 9194 –9199. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b02071>
14. X. Hu, Y. Yu, J. Zhou, Y. Wang, J. Liang, X. Zhang, Q. Chang, L. Song, *Journal of Membrane Science*, 476 (2015), 200-204. <https://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2014.11.043>