

**TCVN 9097:2011
ISO 10676:2010**

Xuất bản lần 1

**GỐM MỊN (GỐM CAO CẤP, GỐM KỸ THUẬT CAO CẤP) –
PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TÍNH NĂNG LÀM SẠCH NƯỚC
CỦA VẬT LIỆU BÁN DẪN XÚC TÁC QUANG BẰNG
PHÉP ĐO KHẢ NĂNG TẠO THÀNH OXY HOẠT TÍNH**

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test method for
water purification performance of semiconducting photocatalytic materials by
measurement of forming ability of active oxygen*

Lời nói đầu

TCVN 9097:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 10676:2010.

TCVN 9097:2011 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC206 *Gốm cao cấp* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Chất xúc tác quang có nhiều tính năng tuyệt vời như tự làm sạch, chống mờ, hoạt tính kháng khuẩn, khử mùi và loại bỏ các chất ô nhiễm dưới chiếu xạ ánh sáng và do vậy gần đây các lĩnh vực ứng dụng của chất xúc tác quang đã được mở rộng.

Trong số các ứng dụng này, chất xúc tác quang để làm sạch nước loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước đang được phát triển và sản phẩm của nó đang đến với thị trường. Vì vậy, có nhu cầu lớn về phương pháp thử để có thể đánh giá chính xác tính năng làm sạch nước.

Tiêu chuẩn này mô tả phương pháp xác định tính năng làm sạch nước của vật liệu xúc tác quang được sử dụng để làm sạch nước.

Gốm mịn (gốm cao cấp, gốm kỹ thuật cao cấp) – Phương pháp xác định tính năng làm sạch nước của vật liệu bán dẫn xúc tác quang bằng phép đo khả năng tạo thành oxy hoạt tính

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test method for water purification performance of semiconducting photocatalytic materials by measurement of forming ability of active oxygen

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả phương pháp thử cho các vật liệu xúc tác quang được hình thành trên hoặc gắn liền với bề mặt vật liệu khác nhằm mục đích phân hủy và do vậy loại trừ các chất gây ô nhiễm trong nước, sử dụng tính năng xúc tác quang.

Tiêu chuẩn này có thể áp dụng đối với các vật liệu xúc tác quang trong môi trường chiếu xạ tử ngoại (UV) và không áp dụng trong môi trường chiếu xạ ánh sáng nhìn thấy.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là rất cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ISO 10677, *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Ultraviolet light source for testing semiconducting photocatalytic materials* [Gốm mịn (gốm cao cấp, gốm kỹ thuật cao cấp) – Nguồn sáng tia tử ngoại cho thử nghiệm vật liệu bán dẫn xúc tác quang].

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Chất xúc tác quang (photocatalyst)

Chất thực hiện nhiều chức năng dựa trên phản ứng oxy hóa khử dưới chiếu xạ tử ngoại (UV), gồm sự phân hủy và loại bỏ các chất nhiễm bẩn không khí và nước, khử mùi và hoạt tính kháng khuẩn, tự làm sạch và chống mờ.

3.2

Làm sạch nước (water purification)

Làm sạch bằng cách phân hủy các chất nhiễm bẩn có trong nước.

3.3

Vật liệu xúc tác quang (photocatalytic materials)

Vật liệu trong đó, hoặc trên nó, chất xúc tác quang được thêm vào bằng cách phủ, tẩm, trộn, v.v....

CHÚ THÍCH: Các vật liệu xúc tác quang được sử dụng làm vật liệu xây dựng và làm đường để có được các chức năng như đề cập ở trên.

3.4

Nước tinh chế (purified water)

Nước được tinh chế bằng phương pháp trao đổi ion, có độ dẫn điện nhỏ hơn 1 $\mu\text{S/cm}$.

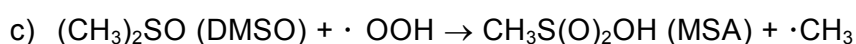
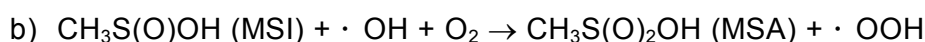
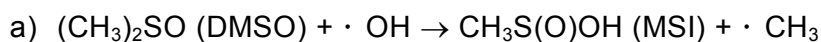
4 Nguyên tắc

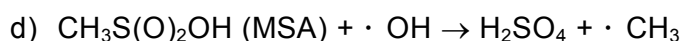
Tiêu chuẩn này nhằm mục đích phát triển, so sánh, đảm bảo chất lượng, đặc tính, độ tin cậy và tạo ra bộ dữ liệu cho vật liệu xúc tác quang. Phương pháp này được sử dụng để xác định tính năng làm sạch nước của các vật liệu xúc tác quang bằng cách phơi mẫu nước dưới ánh sáng tử ngoại (UV).

Vì có nhiều loại chất ô nhiễm trong nước, nên việc lựa chọn một chất ô nhiễm cụ thể làm chất thử đối với phép thử tính năng làm sạch là rất khó.

Do cơ chế làm sạch nước bằng phản ứng xúc tác quang dựa trên sự hình thành của oxy hoạt tính từ chất xúc tác quang được kích hoạt bằng chiếu xạ UV, hoạt động mà oxy hóa và phân hủy các chất ô nhiễm trong nước, nên có thể đánh giá tính năng làm sạch nước bằng cách đo khả năng oxy hoạt tính tạo thành từ chất xúc tác quang đã được hoạt hóa trong nước.

Do vậy, dimetyl sulfoxit (DMSO) được chọn làm chất chỉ thị để tạo ra axit metan sulfonic (MSA) là sản phẩm của phản ứng xúc tác quang như được chỉ ra trong công thức dưới đây [metan sulfinat (MSI) được sản xuất làm chất trung gian]. Phản ứng này thường được sử dụng để xác định oxy hoạt tính. Mẫu thử, được đặt trong thiết bị phản ứng quang kiểu dòng chảy được kích hoạt bằng chiếu xạ UV; DMSO bị phân hủy tạo ra MSA trên bề mặt. Tính năng làm sạch nước được xác định dựa trên sự suy giảm nồng độ của DMSO và việc tạo ra MSA. Sự hấp phụ DMSO lên mẫu được đánh giá bằng thử nghiệm trong bóng tối (không có chiếu xạ UV).





5 Thiết bị, dụng cụ

Thiết bị thử kiểm tra vật liệu xúc tác quang đối với tính năng làm sạch nước bằng cách cung cấp và tuần hoàn liên tục nước thử trong khi chiếu xạ quang để kích hoạt chất xúc tác quang. Thiết bị bao gồm nguồn cấp nước thử, thiết bị phản ứng quang (có các đập tràn), nguồn sáng và thiết bị đo để thử nghiệm nước. Thiết bị phản ứng quang không có nắp đậy, nghĩa là thử nghiệm được tiến hành trong hệ thống mở.

Ví dụ về hệ thống thử nghiệm được trình bày trong Hình 1.

Thiết bị thử nghiệm bao gồm các phần được mô tả từ 5.1 đến 5.5.

5.1 Nguồn cấp nước thử

Nguồn cấp nước thử bao gồm bộ phận điều khiển dòng chảy (xem chú thích) và ống nước để tuần hoàn nước thử với tốc độ và thể tích trong thiết bị phản ứng quang đã được xác định trước.

CHÚ THÍCH: Bộ điều khiển dòng chảy là bơm cho phép thể tích đã xác định của nước thử phóng ra và luân chuyển đến mẫu thử trong thiết bị phản ứng quang tại tốc độ đã được xác định trước trong một thời gian dài. Ví dụ, bơm kết cấu nhu động bơm dung dịch bằng cách nén ống bơm bằng trục cán.

Đối với ống nước, sử dụng vật liệu ít hấp phụ thuốc thử như keo silicon; đường kính ống phải phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của đường kính ống nối của thiết bị phản ứng quang và bơm.

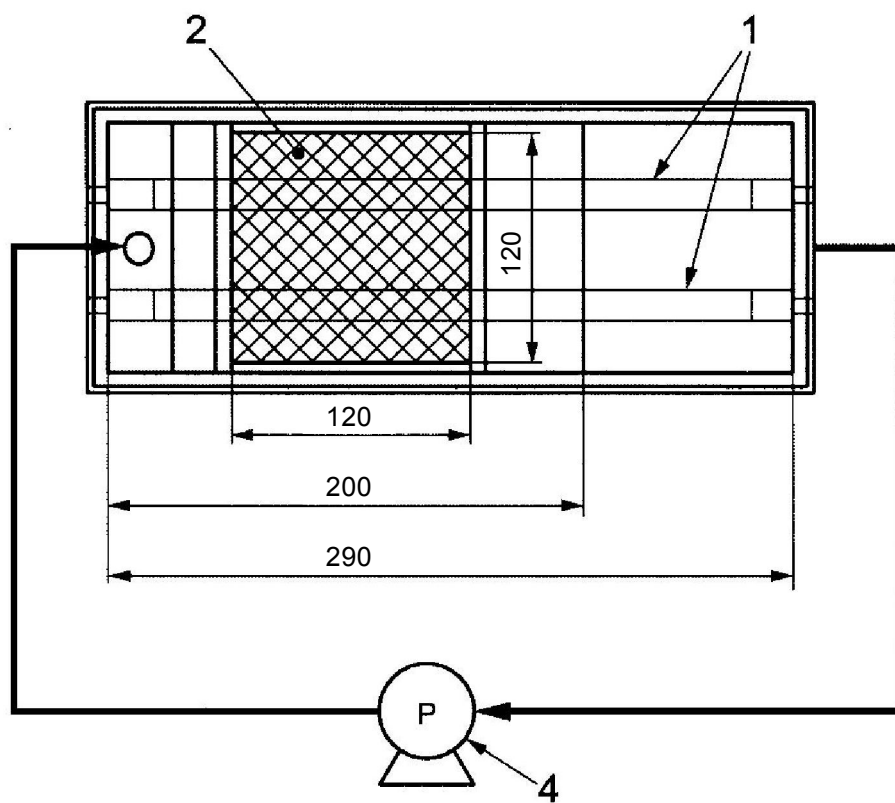
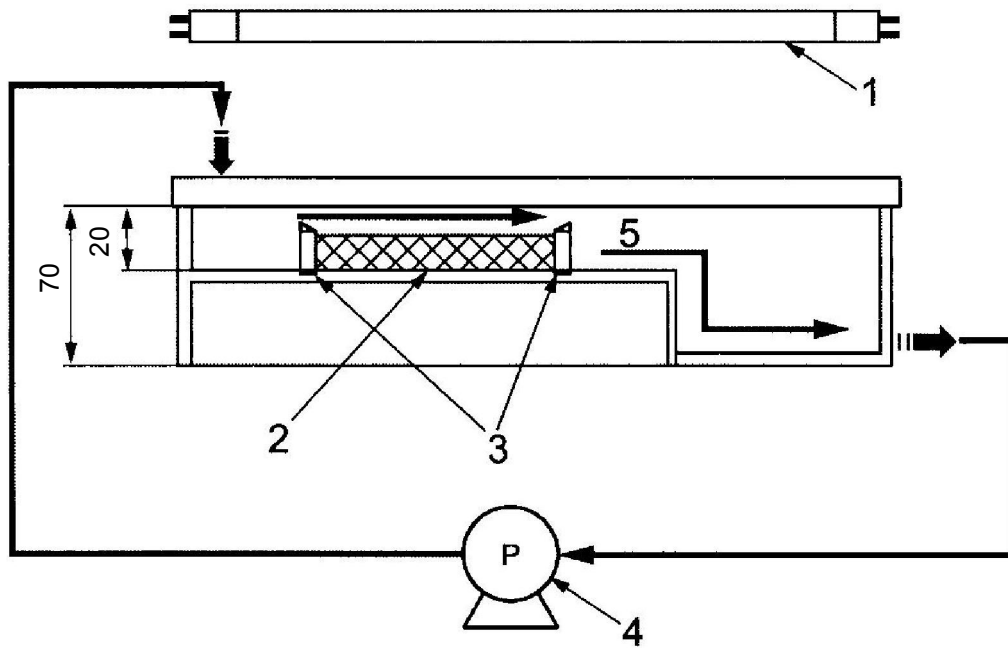
5.2 Thiết bị phản ứng quang

Thiết bị phản ứng quang giữ mẫu thử hình phẳng hoặc hình cầu và các đập tràn cao hơn 1 cm được đặt phía trước và phía sau mẫu thử để tránh làm vẩn méo mẫu thử trong quá trình cấp nước. Thiết bị phản ứng phải được chế tạo từ vật liệu (nhựa acryl) ít hấp phụ thuốc thử và chịu được chiếu xạ tia UV gần.

5.3 Đèn ánh sáng xanh đen (nguồn sáng)

Nguồn sáng cung cấp độ sáng UV-A trong dải bước sóng từ 300 nm đến 400 nm. Các nguồn thích hợp bao gồm ánh sáng được gọi là ánh sáng đen (BL) và đèn huỳnh quang ánh sáng xanh đen (BLB), có bước sóng tối đa 351 nm hoặc 368 nm, theo quy định trong ISO 10677, và đèn hồ quang xenon có bộ lọc quang loại bỏ ánh sáng dưới 300 nm. Trong trường hợp đèn hồ quang xenon, phải sử dụng hệ thống làm mát theo ISO 10677.

Kích thước tính bằng milimet



CHÚ DẪN:

- 1 đèn
- 2 mẫu thử
- 3 đập tràn

- 4 bơm
- 5 dung dịch thử

Hình 1 – Sơ đồ thiết bị thử

5.4 Thiết bị chiếu xạ tử ngoại

Thiết bị chiếu xạ tử ngoại giữ hai đèn ánh sáng xanh đen song song với nhau (đèn huỳnh quang dạng ống, 20 W, loại FL20S BLB¹⁾). Thiết bị bao gồm cấu trúc phát ra chiếu xạ ánh sáng đồng nhất đối với mẫu thử và biến đổi vị trí của mẫu thử hoặc đèn nhằm điều chỉnh cường độ chiếu xạ. Nếu cài đặt đèn phản chiếu tấm bằng, sử dụng vật liệu có khả năng chịu được ánh sáng tử ngoại. Thiết bị chiếu xạ tử ngoại cần phải có cấu trúc cho phép đo được cường độ chiếu xạ tại vị trí mẫu thử.

5.5 Đồng hồ đo cường độ chiếu xạ UV

Đồng hồ đo cường độ chiếu xạ phải đo được cường độ chiếu xạ UV tại vị trí mẫu thử; đồng hồ đo phải bao gồm bộ phận nhận hình ảnh có đặc tính cosin tốt và dải nhận hình ảnh 2π sr. Đồng hồ phải được hiệu chỉnh đối với nguồn sáng được sử dụng hoặc độ nhạy cố định trong dải bước sóng hấp thụ bởi vật liệu xúc tác quang.

6 Thuốc thử (dung dịch thử)

6.1 Dimethyl sulfoxit (DMSO)

Sử dụng DMSO có độ tinh khiết lớn hơn 99,5 %.

7 Chuẩn bị mẫu

7.1 Mẫu thử

Cắt vật liệu xúc tác quang có kích thước hình vuông $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, kích thước tiêu chuẩn của mẫu thử. Khi chuẩn bị mẫu thử cần phải loại bỏ chất gây ô nhiễm hữu cơ như dầu và ô nhiễm do hấp phụ các chất hữu cơ trong không khí.

Mẫu thử phải được lấy từ vật liệu xúc tác quang. Tuy nhiên, khi hình dạng của vật liệu xúc tác quang khiến cho việc chuẩn bị mẫu thử khó khăn thì có thể sử dụng mẫu thử từ vật liệu thô tương tự và có cùng quá trình hình thành như vật liệu xúc tác quang. Nếu vật liệu xúc tác quang khó cắt thành hình vuông có kích thước $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ hoặc nếu vật liệu có hình dạng hạt thay

¹⁾ Đèn loại FL20S BLB là một ví dụ về sản phẩm thích hợp có sẵn trên thị trường. Thông tin đã cho này là để thuận lợi cho người sử dụng tiêu chuẩn này, chứ không phải ISO bắt buộc sử dụng sản phẩm này.

cho hình bản dẹt thì có thể sử dụng mẫu thử đủ lớn để đặt trên tấm để mẫu thử trong thiết bị phản ứng.

7.2 Xử lý sơ bộ mẫu thử

7.2.1 Theo quy trình bên dưới. Nếu mẫu thử không được thử ngay sau khi được xử lý sơ bộ trước thì phải bảo quản trong bình hút ẩm bằng nhựa. Trước khi xử lý mẫu thử, phải thổi không khí sạch lên trên các bề mặt của mẫu thử để loại bỏ các chất gây ô nhiễm như bụi bẩn.

7.2.2 Loại bỏ các chất hữu cơ. Chiếu xạ mẫu thử bằng đèn tử ngoại trong thời gian ít nhất 5 h sử dụng thiết bị chiếu xạ tử ngoại điều chỉnh cường độ chiếu xạ đến $2,0 \text{ mW/cm}^2$ tại bề mặt mẫu thử.

Các vật liệu xúc tác quang chịu nhiệt không thay đổi đặc tính hóa, lý dưới tác dụng của nhiệt thì có thể được gia nhiệt để loại bỏ các chất cặn hữu cơ dính vào bề mặt mẫu thử.

Mẫu thử sau khi được xử lý sơ bộ phải được thao tác bằng găng tay polyetylen để tránh nhiễm các chất kỵ nước.

7.2.3 Rửa bằng nước. Mẫu thử được nhúng trong nước tinh chế được khuấy trong khoảng 2 h hoặc lâu hơn, sau đó được lấy ra và làm khô trong không khí ở nhiệt độ phòng. Mẫu thử có thể được sấy khô bằng nhiệt trong khoảng nhiệt độ (giới hạn nhiệt độ là 110°C) mà không gây ra sự thay đổi về đặc tính hóa, lý. Phải đảm bảo khối lượng mẫu thử được giữ nguyên không đổi.

8 Cách tiến hành

8.1 Hòa tan 10 mg DMSO trong 1000 ml nước tinh chế để thu được 1000 ml dung dịch DMSO nồng độ 10 mg/l. Nếu dung dịch này không được sử dụng ngay sau khi chuẩn bị, dung dịch phải được nút kín, để trong bóng tối và bảo quản ở nhiệt độ 5°C đến 10°C . Dung dịch DMSO phải được sử dụng trong thời gian một tháng sau khi chuẩn bị.

8.2 Thiết lập hai đập tràn trong thiết bị phản ứng như trong Hình 1 và đặt mẫu thử ở giữa hai đập. Chiều cao của đập được điều chỉnh theo độ dày của mẫu thử để duy trì bề mặt nước có độ cao không đổi (5 mm) tính từ bề mặt mẫu thử. Nếu không thể điều chỉnh được độ cao đập, cần đặt thêm tấm kê dưới mẫu thử nếu cần thiết. Trong trường hợp mẫu thử hình cầu, mẫu thử phải được đặt trong lưới dây hoặc đĩa lá nhôm để việc thao tác mẫu thử và điều chỉnh độ cao được dễ dàng.

Trước khi đặt mẫu thử, khoảng cách giữa nguồn sáng và mẫu thử phải được điều chỉnh để cường độ chiếu xạ đạt $2,0 \text{ mW/cm}^2$ tại bề mặt phía trên của mẫu thử và cường độ UV phải ổn định.

8.3 Rót 500 ml dung dịch DMSO vào bình chứa và lấy 10 ml dung dịch từ bình chứa làm mẫu đối chứng nồng độ ban đầu. Mẫu thu gom được phải được bảo quản trong khoảng nhiệt độ từ 5°C đến 10°C , bình bịt kín nút và tránh ánh sáng trước khi đo.

8.4 Cung cấp và tuần hoàn dung dịch DMSO với tốc độ dòng chảy 500 ml/min trong thiết bị phản ứng đặt mẫu thử xúc tác quang. Việc tuần hoàn này phải liên tục trong 5 h. Sau đó, cứ mỗi giờ, bắt đầu từ 0 h đến 5 h, lấy 10 ml mẫu trong thùng chứa dung dịch để đo. Việc tuần hoàn này phải được thực hiện cả dưới điều kiện chiếu xạ ánh sáng (điều kiện sáng) và không chiếu xạ (điều kiện tối).

8.5 Xác định nồng độ DMSO và MSA của các mẫu thu được bằng sắc ký khí hoặc sắc ký ion. Ngoài sắc ký khí và sắc ký ion, có thể sử dụng phương pháp khác miễn là đảm bảo được độ chính xác. Trong công thức d) ở Điều 4, MSA bị oxy hóa thành axit sulfuric (H_2SO_4). Sự tạo thành axit sulfuric chậm hơn nhiều so với sự tạo thành MSA.

8.6 Điều kiện thử

Nhiệt độ trong phòng thử phải được giữ ở khoảng từ 20°C đến 25°C .

8.7 Điều kiện hợp lệ

Khi các điều kiện sau được thỏa mãn thì phép thử được xem là hợp lệ.

Nồng độ cuối cùng của DMSO trong điều kiện sáng thấp hơn trong điều kiện tối và các sản phẩm MSA đi kèm với sự phân hủy oxy hóa DMSO được khẳng định.

9 Tính toán

Kết quả thử nghiệm phải được tính như mô tả trong 9.1 đến 9.5.

9.1 Hấp phụ DMSO lên mẫu thử trong điều kiện tối

Xác định nồng độ dung dịch thử (DMSO), được lấy tại khoảng xác định tại điều kiện tối bằng phương pháp sắc ký khí hoặc sắc ký ion và tính nồng độ từ diện tích pic DMSO sử dụng đường chuẩn được tạo ra từ mẫu tiêu chuẩn. Tiếp theo tính giá trị bằng cách trừ đi nồng độ đo được từ nồng độ ban đầu, sử dụng công thức (1), và ghi lại giá trị tính được tại mỗi lần thu.

$$C_t = C_{D0} - C_{D4} \quad (1)$$

trong đó

c_t là nồng độ của DMSO được hấp thụ bởi mẫu thử, tính bằng miligam trên lít (mg/l);

c_{D0} là nồng độ ban đầu của DMSO, tính bằng miligam trên lít (mg/l);

c_{D4} là nồng độ cuối cùng của DMSO trong điều kiện tối, tính bằng miligam trên lít (mg/l).

9.2 Sự thay đổi nồng độ DMSO trong điều kiện sáng

DMSO bị phân hủy bởi quá trình oxy hóa mẫu thử dưới điều kiện sáng được đo bằng phương pháp sắc ký khí hoặc sắc ký ion. Diện tích pic nhận được áp dụng đối với đường chuẩn tạo bởi mẫu chuẩn. Do vậy, tính nồng độ DMSO tại mỗi thời điểm thu. Khi DMSO bị hấp phụ dưới điều kiện tối, tính nồng độ DMSO theo công thức (2):

$$c_{D2} = c_{D1} - c_t \quad (2)$$

trong đó

c_{D2} là nồng độ DMSO trong điều kiện sáng mà hấp thụ bị trừ đi, tính bằng miligam trên lít (mg/l);

c_{D1} là nồng độ DMSO trong điều kiện sáng trong mẫu được lấy tại một khoảng nhất định, tính bằng miligam trên lít (mg/l);

c_t là nồng độ DMSO được hấp thụ bởi mẫu thử, tính bằng miligam trên lít (mg/l).

9.3 Các sản phẩm MSA

Xác định sản phẩm MSA cùng với sự phân hủy DMSO bằng mẫu thử dưới điều kiện sáng bằng sắc ký ion và áp dụng diện tích pic nhận được đối với đường chuẩn được tạo ra bởi mẫu chuẩn. Tính nồng độ MSA (c_{MSA}) tại mỗi thời điểm thu. c_{MSA} là nồng độ MSA trong mẫu được lấy tại khoảng xác định, tính bằng miligam trên lít (mg/l).

9.4 So sánh nồng độ DMSO cuối cùng trong điều kiện sáng và tối

Xác nhận rằng nồng độ DMSO cuối cùng trong điều kiện sáng thấp hơn trong điều kiện tối [thỏa mãn bất đẳng thức (3)]:

$$c_{D3} < c_{D5} \quad (3)$$

trong đó

c_{D3} là nồng độ DMSO cuối cùng trong điều kiện sáng, tính bằng miligam trên lít (mg/l);

c_{D5} là nồng độ DMSO trong điều kiện tối, trong mẫu được lấy tại khoảng xác định, tính bằng miligam trên lít (mg/l).

9.5 Tính thời gian nửa chu kỳ phân rã của DMSO

Thời gian nửa chu kỳ phân rã của DMSO phải được tính như sau. Vẽ biểu đồ loga tự nhiên của giá trị c_{D2}/c_{D0} trên trục tung và thời gian chiếu xạ UV trên trục hoành, và tính thời gian nửa chu kỳ phân rã của DMSO khi nồng độ DMSO trở thành 50 % nồng độ đầu tiên, sử dụng đường cong thích hợp đạt được bằng 6 điểm giữa 0 h và 5 h.

10 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm thông tin sau:

- a) Viện dẫn tiêu chuẩn này TCVN 9097:2011 (ISO 10676:2010);
- b) Tên nhà sản xuất và cấp tinh khiết của thuốc thử được sử dụng;
- c) Tên nhà sản xuất và số đèn huỳnh quang ánh sáng xanh đen và yêu cầu kỹ thuật của đèn;
- d) Tên nhà sản xuất đồng hồ đo cường độ chiếu xạ và yêu cầu kỹ thuật của đồng hồ;
- e) Tên của nhà sản xuất thiết bị đo dùng cho DMSO và MSA và yêu cầu kỹ thuật của thiết bị;
- f) Phương pháp xử lý sơ bộ và thời gian chiếu xạ tử ngoại;
- g) Khoảng cách giữa nguồn sáng tử ngoại và bề mặt trên của mẫu thử;
- h) Nhiệt độ phòng thử nghiệm trong suốt quá trình thử;
- i) Mô tả chi tiết nguồn sáng, chiếu xạ và bức xạ kế;
- j) Nồng độ DMSO và MSA trong điều kiện sáng và tối;
- k) Thời gian nửa chu kỳ phân rã của DMSO.

Phụ lục A

(Tham khảo)

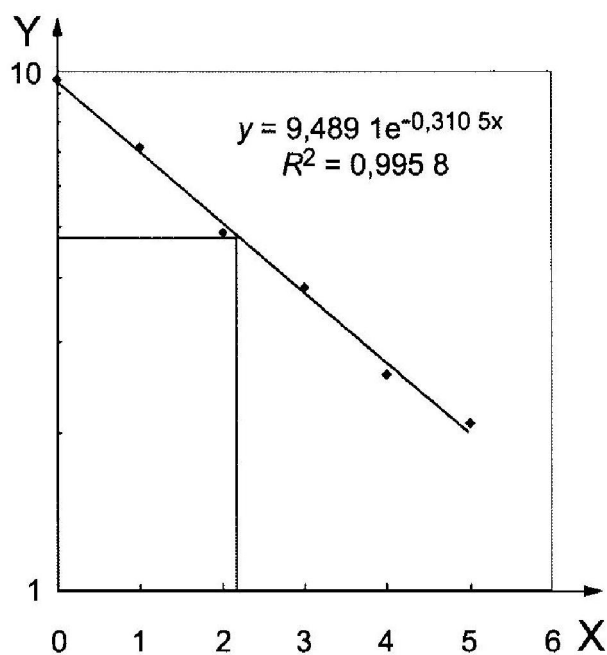
Ví dụ kết quả thử nghiệm

Ví dụ kết quả thử nghiệm được thể hiện trong Bảng A.1 và A.2.

A.1 Chất xúc tác quang dạng hạt

Bảng A.1 – Ví dụ kết quả thử nghiệm trong chất xúc tác quang dạng hạt

	Điều kiện sáng		Điều kiện tối	
Thời gian chiếu xạ UV h	Nồng độ DMSO mg/l	Nồng độ MSA mg/l	Nồng độ DMSO mg/l	Nồng độ MSA mg/l
0	9,6	0	9,6	0
1	7,1	2,2	9,5	0
2	4,9	4,5	9,5	0
3	3,8	6,4	9,5	0
4	2,6	8,4	9,5	0
5 (cuối cùng)	2,1	9,2	9,5	0



Thời gian chu kỳ bán rã của DMSO: 2,2 h

CHÚ DẪN:

X thời gian chiếu xạ UV, h

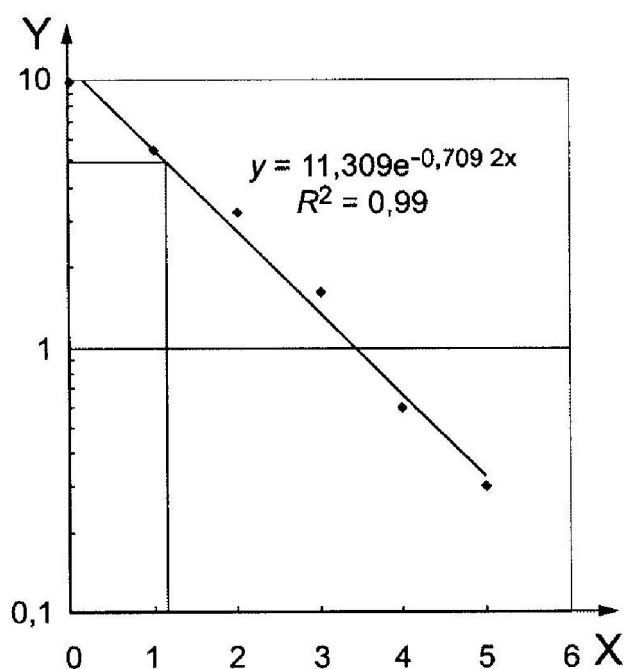
Y nồng độ DMSO, mg/l

Hình A.1 – Tính thời gian chu kỳ bán rã của DMSO

A.2 Lọc xúc tác quang (lọc gôm)

Bảng A.2 - Ví dụ kết quả thử nghiệm trong lọc xúc tác quang

	Điều kiện sáng		Điều kiện tối	
Thời gian chiếu xạ UV h	Nồng độ DMSO mg/l	Nồng độ MSA mg/l	Nồng độ DMSO mg/l	Nồng độ MSA mg/l
0	9,9	0	9,9	0
1	5,5	3,1	9,9	0
2	3,2	5,6	9,9	0
3	1,6	8,3	9,9	0
4	0,6	9,5	9,9	0
5 (cuối cùng)	0,3	9,9	9,9	0



Thời gian chu kỳ bán rã của DMSO: 1,2 h

CHÚ DẪN:

X thời gian chiếu xạ UV, h

Y nồng độ DMSO, mg/l

Hình A.2 – Tính thời gian chu kỳ bán rã của DMSO

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 7870-1:2010 (ISO 80000-1:2009), *Đại lượng và đơn vị - Phần 1: Quy định chung*.
- [2] BARDOUKI, H., MIHALOPOULOS, N. et al. Kinetics and mechanism of the oxidation of dimethylsulfoxide (DMSO) and methanesulfinic acid (MSI) by OH radicals in aqueous medium, *Atmospheric Environment* 36 (2002). Pp. 4627-4634.
-