

PHAN THANH SƠN NAM

# GIÁO TRÌNH HÓA HỌC XANH



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**Phan Thanh Sơn Nam**

LỜI NGỎ

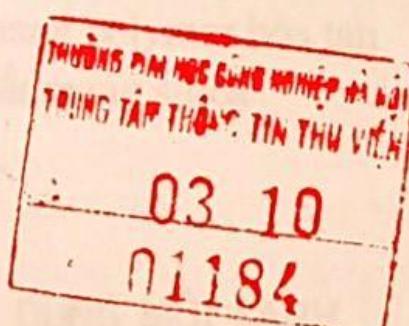
Chương mở đầu: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HÓA HỌC XANH  
VÀ KỸ THUẬT XANH

- I. Lịch sử của hóa-học xanh
- II. Các nguyên tắc của hóa-học xanh
- III. Các nguyên tắc của kỹ thuật xanh

**GIÁO TRÌNH**

**HÓA HỌC XANH**

(Tái bản lần thứ nhất)



**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
TP HỒ CHÍ MINH - 2018**

## MỤC LỤC

<i>LỜI NÓI ĐẦU</i>	5
<i>Chương mở đầu GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HÓA HỌC XANH VÀ KỸ THUẬT XANH</i>	9
I. Lịch sử của hóa học xanh	9
II. Các nguyên tắc của hóa học xanh	12
III. Các nguyên tắc của kỹ thuật xanh	18
IV. Thúc đẩy kỹ thuật xanh thông qua hóa học xanh	27
V. Các vấn đề cần quan tâm	37
VI. Tài liệu tham khảo	39
<i>Chương 1 HÓA HỌC XANH VỚI XÚC TÁC CÓ THỂ THU HỒI VÀ TÁI SỬ DỤNG</i>	43
1.1 Mở đầu	43
1.2 Xúc tác phức trên chất mang polymer rắn	45
1.3 Xúc tác phức trên chất mang polymer hòa tan	81
1.4 Xúc tác phức trên các chất mang silica	94
1.5 Kết luận	134
1.6 Tài liệu tham khảo	135
<i>Chương 2 HÓA HỌC XANH VỚI DUNG MÔI XANH LÀ CHẤT LỎNG ION</i>	144
2.1 Mở đầu	144
2.2 Tổng hợp các chất lỏng ion thường gặp	146
2.3 Các thông số hóa lý cơ bản của chất lỏng ion	176
2.4 Sử dụng chất lỏng ion làm dung môi cho tổng hợp hữu cơ	191
2.5 Chất lỏng ion đóng vai trò xúc tác	240
2.6 Kết luận	252
2.7 Tài liệu tham khảo	253

<b>Chương 3 HÓA HỌC XANH VỚI DUNG MÔI XANH LÀ MÔI TRƯỜNG CHỮA NƯỚC</b>	<b>263</b>
3.1 Mở đầu	263
3.2 Các phản ứng sử dụng xúc tác phức kim loại chuyển tiếp	267
3.3 Các phản ứng sử dụng xúc tác khác hoặc không sử dụng xúc tác	315
3.4 Các phản ứng polymer hóa trong môi trường chữa nước	340
3.5 Kết luận	363
3.6 Tài liệu tham khảo	364
<b>Chương 4 HÓA HỌC XANH VỚI DUNG MÔI XANH LÀ CO<sub>2</sub> SIÊU TỐI HẠN</b>	<b>374</b>
4.1 Mở đầu	374
4.2 Các tính chất hóa lý cơ bản của CO <sub>2</sub> siêu tối hạn	377
4.3 Tổng hợp hữu cơ trong CO <sub>2</sub> siêu tối hạn	394
4.4 CO <sub>2</sub> vừa đóng vai trò dung môi vừa đóng vai trò tác chất	439
4.5 Các phản ứng polymer hóa trong CO <sub>2</sub> siêu tối hạn	453
4.6 Kết luận	467
4.7 Tài liệu tham khảo	469
<b>Chương 5 HÓA HỌC XANH VỚI THIẾT BỊ LÀ CÁC HỆ THỐNG MICRO REACTOR</b>	<b>477</b>
5.1 Mở đầu	477
5.2 Các quá trình phản ứng đồng thể trong micro reactor	485
5.3 Các quá trình phản ứng dị thể trong micro reactor	531
5.4 Phát triển micro reactor ra quy mô lớn hơn	576
5.5 Kết luận	598
5.6 Tài liệu tham khảo	600
Bài tập lớn và seminar môn học	610

## LỜI NÓI ĐẦU

Hóa học xanh (*Green chemistry*) ngày nay được thừa nhận là xu thế tất yếu của ngành hóa học và kỹ thuật hóa học. Hàng năm, có hàng ngàn công trình khoa học về nhiều hướng nghiên cứu khác nhau của lĩnh vực hóa học xanh được công bố trên các tạp chí hóa học quốc tế chuyên ngành có uy tín. Đặc biệt, giải Nobel Hóa học năm 2005 trao tặng cho ba nhà hóa học Yves Chauvin (*Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France*), Robert H. Grubbs (*California Institute of Technology (Caltech), Pasadena, CA, USA*) và Richard R. Schrock (*Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA*) cũng về những đóng góp quan trọng của họ cho lĩnh vực Hóa học xanh. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về hóa học xanh chưa được quan tâm đúng mức và mới ở giai đoạn bắt đầu.

Nhóm nghiên cứu của GS.TS Lê Ngọc Thạch ở Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQG TP HCM đã tiến hành một số hướng nghiên cứu mở đầu cho lĩnh vực Hóa học xanh ở Việt Nam và bước đầu đã có một số thành công nhất định. Tuy nhiên, để theo kịp tình hình nghiên cứu của cộng đồng hóa học trên thế giới, lĩnh vực Hóa học xanh ở Việt Nam cần phải được đầu tư nhiều hơn nữa cũng như cần thêm rất nhiều nhà khoa học trong nước quan tâm nghiên cứu nhiều hướng khác nhau rất đa dạng của Hóa học xanh. Các nhóm nghiên cứu ở Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM trong thời gian gần đây cũng đã bắt tay vào việc ứng dụng các nguyên tắc của Hóa học xanh vào những hướng nghiên cứu về hóa học và kỹ thuật hóa học, và bước đầu cũng đã có những thành công nhất định.

Các nghiên cứu về Hóa học xanh ở Việt Nam cho đến nay vẫn chưa được quan tâm đúng mức và mới ở giai đoạn bắt đầu theo hiểu biết của tác giả, các giáo trình và sách tham khảo bằng tiếng Việt về Hóa học xanh vẫn chưa thấy xuất hiện nhiều ở Việt Nam. Trong khi đó, nhu cầu về tài liệu tham khảo bằng tiếng Việt cho lĩnh vực Hóa học xanh ngày càng cao, theo đúng xu thế của thế giới. Các tài liệu tham khảo bằng tiếng Anh về Hóa học xanh đăng trên các trang web của các tập đoàn nổi tiếng thế giới như American Chemical Society, Royal Society of Chemistry, ScienceDirect, Wiley InterScience, ... cũng đã được giới thiệu dưới dạng một lượng thông tin khổng lồ về tất cả các hướng đã và đang được quan tâm nghiên cứu. Chính vì thế, sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh sẽ mất nhiều thời gian để hệ thống lại thông tin có ích cho mình từ một lượng tài liệu tham khảo lớn như vậy.

Giáo trình "HÓA HỌC XANH" đã được viết ra nhằm mục đích phục vụ cho môn học "Hóa học xanh" đang được giảng dạy tại Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM. Ngoài ra, giáo trình cũng là tài liệu tham khảo cho các sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh cũng như cán bộ giảng dạy và cán bộ nghiên cứu ngành hóa học và kỹ thuật hóa học ở các trường đại học và cao đẳng khác. Những vấn đề về Hóa học xanh sẽ được giới thiệu ở dưới dạng hệ thống hơn, giúp cho người đọc nắm bắt vấn đề dễ dàng hơn. Các công trình nghiên cứu về lĩnh vực Hóa học xanh trên thế giới được đăng trên các trang web của các tập đoàn nổi tiếng thế giới như American Chemical Society, Royal Society of Chemistry, ScienceDirect, Wiley InterScience... trong khoảng thời gian một thập kỷ vừa qua sẽ được tóm tắt lại và giới thiệu một cách có hệ thống ở đây. Từ đó, giúp cho các sinh viên, học viên cao học, cán bộ giảng dạy và cán bộ nghiên cứu về lĩnh vực liên quan có thể dễ dàng nắm bắt được những thông tin mới về lĩnh vực Hóa học xanh đang được quan tâm ở các trường đại học và viện nghiên cứu nổi tiếng trên thế giới.

Xin chân thành cảm ơn TS Nguyễn Hữu Lương đã đọc bản thảo và có những góp ý hữu ích cho tác giả. Tác giả xin cảm ơn những thành viên của hội đồng thẩm định giáo trình bao gồm: PGS.TS Phạm Thành Quân, PGS.TS Nguyễn Phương Tùng, PGS.TS Nguyễn Thị Phương Phong, PGS.TS Lê Thị Hồng Nhan đã có những góp ý quý báu cho Giáo trình. Tác giả cũng xin chân thành biết ơn GS Peter Styring (Khoa Kỹ thuật Hóa học & Sinh học, Trường Đại học Sheffield, Vương Quốc Anh), và GS Christopher Jones (Khoa Kỹ thuật Hóa học & Sinh học Phân tử, Viện Công nghệ Georgia, Hoa Kỳ) đã định hướng cho tác giả về lĩnh vực liên quan đến Hóa học xanh, có những góp ý và khuyến khích tác giả thực hiện các hướng nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực Hóa học xanh. Các kiến thức do các GS truyền thụ cho tác giả chính là tiền đề quan trọng cho sự ra đời của giáo trình này. Ngoài ra, xin chân thành tri ân tất cả những nhà khoa học là tác giả của trên 500 công trình được liệt kê trong mục "Tài liệu tham khảo" ở cuối mỗi chương. Cần phải khẳng định rằng nếu không có những công trình khoa học có giá trị đó thì sẽ không có sự ra đời của giáo trình này.

Lĩnh vực Hóa học xanh đã và đang phát triển mạnh, đặc biệt trong hơn một thập kỷ vừa qua. Thực tế các công trình về Hóa học xanh được công bố trong thời gian qua bao quát rất nhiều phương diện khác nhau của lĩnh vực này. Tuy nhiên, giáo trình này chỉ xin giới hạn trong khuôn khổ của đề cương môn học. Những vấn đề khác, độc giả vui lòng xem thêm những tài liệu tham khảo liên quan. Giáo trình chắc chắn không tránh được những thiếu sót, đặc biệt là các lỗi về đánh máy và hình vẽ, cách sắp xếp các hình

ành và bảng biểu. Tác giả rất mong nhận được những góp ý của bạn đọc để lần tái bản tới, giáo trình được hoàn thiện hơn.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về:

**GS.TS Phan Thanh Sơn Nam, Phòng 211 tòa nhà B2, Bộ môn Kỹ thuật Hóa Hữu cơ, Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Quận 10, TP Hồ Chí Minh.**

Điện thoại : 028 38 647 256 (số nội bộ 5681)

Số fax : 028 38 637 504,

Email : [ptsnam@hcmut.edu.vn](mailto:ptsnam@hcmut.edu.vn)

[ptsnam@yahoo.com](mailto:ptsnam@yahoo.com), [ptsnam@gmail.com](mailto:ptsnam@gmail.com).

Xin chân thành cảm ơn.

### Tác giả

**GS.TS Phan Thanh Sơn Nam**