



Hóa học polyme

Tài liệu tham khảo:

1. A.A Xtrepikheep. “Cơ sở hoá học các hợp chất cao phân tử”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà nội, 1997
2. R.J. Young, P.A. Lowell, “Introduction to Polymers”. Chapman & Hall, London, NY, Tokyo, Mellbour, 1991.
3. P.C. Painter, M.M. Coleman. “Fundamentals of polymer Science”. Elsevier, 1994.



Nội dung môn học

CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1 Lịch sử phát triển

1.2 Sản xuất và tiêu thụ chất dẻo ở Việt Nam và thế giới

1.3 Các khái niệm cơ bản trong hoá học polyme

1.3.1 Định nghĩa

1.3.2 Nguyên liệu ban đầu cho polyme

1.3.3 Cấu tạo polyme

1.3.3.1 Khối lượng phân tử và sự phân bố khối lượng phân tử

1.3.3.2 Hình dạng phân tử polyme

1.3.3.3 Cấu trúc phân tử polyme

1.3.3.4 Hình thái cấu tạo

1.4 Phân loại polyme

1.5 Cách gọi tên polyme

CHƯƠNG 2: CÁC PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP POLYME

2.1 Phản ứng trùng hợp chuỗi

2.1.1 Trùng hợp gốc

2.1.1.1 Sơ đồ phản ứng

2.1.1.2 Các giai đoạn phản ứng

* Khởi mào

* Phát triển mạch

* Đứt mạch

* Chuyển mạch



Nội dung môn học (tiếp theo)

2.1.1.3 Phản ứng hãm trùng hợp

2.1.1.4 Động học quá trình trùng hợp gốc

2.1.1.5 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trùng hợp gốc

2.1.2 Trùng hợp ion

2.1.2.1 Trùng hợp cation

* *Xúc tác*

* *Các giai đoạn của phản ứng*

* *Động học của phản ứng*

* *Đặc điểm của phản ứng*

2.1.2.2 Trùng hợp anion

* *Xúc tác*

* *Đặc điểm của phản ứng*

* *Trùng hợp anion dưới tác dụng của xúc tác*

+ KNH_2 trong môi trường phân cực

+ Hợp chất cơ kim

+ Na kim loại

2.1.3 Các phương pháp tiến hành trùng hợp

2.1.3.1 Trùng hợp khối

2.1.3.2 Trùng hợp dung dịch

2.1.3.3 Trùng hợp huyền phù

2.1.3.4 Trùng hợp nhũ tương

2.2 Phản ứng trùng ngưng

2.2.1 Các khái niệm cơ bản

2.2.1.1 Định nghĩa

2.2.1.2 Monome của phản ứng trùng ngưng

2.2.1.3 Sơ đồ phản ứng

2.2.1.4 Chức và nhóm chức

2.2.1.5 Chức riêng

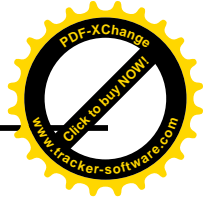
2.2.1.6 Mức độ chuyển hoá

2.2.1.7 Độ trùng hợp

2.2.2 Các dạng phản ứng trùng ngưng

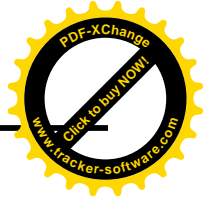
2.2.2.1 Trùng ngưng có cân bằng monome 2 nhóm chức ở tỷ lệ đương lượng

2.2.2.2 Trùng ngưng không cân bằng: phản ứng trùng ngưng phenol với fomandehyt



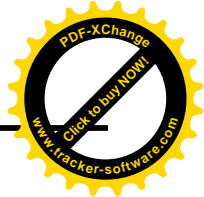
1.1 Lịch sử phát triển

- 1820 Thomas Hancock phát hiện ra rằng khi nghiền cao su chảy tốt hơn, dễ trộn hợp với chất độn và dễ tạo hình.
- 1839 Charles Goodyear nhận thấy tính chất đàn hồi của cao su tự nhiên có thể tăng lên, và độ dính bị loại bỏ khi được đun nóng với lưu huỳnh - được cấp bằng sáng chế về lưu hoá cao su tự nhiên
- 1851 Nelson Goodyear (anh trai của Charles) đăng kí sáng chế khi lưu hoá cao su tự nhiên với một lượng lớn lưu huỳnh tạo thành vật liệu rất cứng (thường gọi là cao su cứng) – *ebonit* hay *vulcanit*
- Xenlulo nitrat (nitroxenlulo)
 - Christian Schonbein phát hiện năm 1846, được dùng phổ biến làm thuốc nổ.
 - Ứng dụng quan trọng hơn của Xenlulonitrat là làm chất dẻo do có tính chất đàn hồi, dễ tan trong dung môi thích hợp và tạo hình dưới tác dụng của nhiệt và áp suất. Ví dụ: hỗn hợp của Xenlulonitrat và long não làm phim chụp ảnh
- 1892 thợ nhân tạo viscoza, màng xellofan
- 1910 nhựa Bakelit phenol-formadehyt (tác giả là Leo Baekeland) là polyme tổng hợp hoàn toàn được sản xuất công nghiệp và thương mại hoá.
- Cao su nhân tạo đầu tiên được tổng hợp từ 2,3 dimetyl butadien ở Đức trong chiến tranh thế giới I.



1.1 Lịch sử phát triển (tiếp theo)

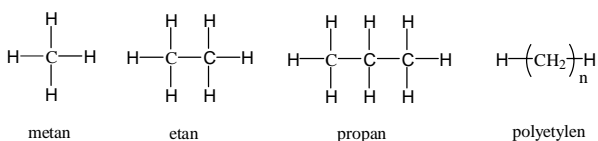
- Sự phát triển của ngành công nghiệp polyme bị hạn chế vì sự hạn chế hiểu biết về bản chất của polyme. Các nhà khoa học chỉ nhận biết được một số tính chất bất bình thường của polyme và nhìn chung họ coi tính chất của polyme là tập hợp của những phân tử nhỏ hơn.
- Hermann Staudinger (1920) đã đưa ra một số giả thuyết và những khái niệm quan trọng trong ngành khoa học polyme:
 - Polyme được tạo bởi những phân tử rất lớn là những chuỗi những đơn vị hoá học đơn giản liên kết với nhau bằng liên kết cộng hoá trị
 - Đưa ra khái niệm đại phân tử để mô tả polyme.
 - Các thực nghiệm nghiên cứu về phương pháp tổng hợp, tính chất, cấu trúc của polyoxymetylen và polystyren đã cho một căn cứ vững chắc về quan điểm đại phân tử.
 - Các giả thuyết của Staudinger đã được chứng minh xa hơn nữa bằng những nghiên cứu tinh thể học của các polyme tự nhiên Herman Mark, Kurt Meyer và các công trình của Wallace Carothers về chế tạo polyamit và polysyren.
- Đầu thập kỷ 1930 hầu hết các nhà khoa học đều bị thuyết phục về cấu trúc đại phân tử của polyme.
- Trong vòng 20 năm sau, những công trình về polyme tăng nhanh chóng, Sự ra đời tạp chí *Polymer Science* đăng những công trình nghiên cứu khoa học của polyme và những khái niệm cơ bản của ngành khoa học polyme. Những lý thuyết và thực nghiệm của Paul Flory nổi bật trong giai đoạn này, và ông đã nhận giải Nobel Hoá học 1974 vì những đóng góp lâu dài và quan trọng của ông trong lĩnh vực khoa học polyme. Năm 1953 Staudinger đã nhận giải Nobel vì những công trình nghiên cứu tiên phong trong lĩnh vực này.
- Một lượng lớn những polyme tổng hợp được thương mại hoá như: polystyren, poly(metyl metacrylat), nylon 6,6, PE, PVC,
- Một số lĩnh vực ứng dụng tiên tiến của polyme:
 - Polyme chịu nhiệt, chịu oxy hóa tốt ứng dụng trong tàu vũ trụ
 - Nhựa kỹ thuật thay thế cho kim loại
 - Polyme không cháy, giảm tối thiểu lượng khói hoặc hơi độc
 - Polyme phân huỷ sinh học
 - Polyme ứng dụng trong sinh học ví dụ: chỉ tự tiêu, cơ quan nội tạng nhân tạo
 - Polyme dẫn điện



1.3 Các khái niệm cơ bản trong hoá học polyme

1.3.1 Định nghĩa

* Sự khác nhau giữa hợp chất thấp phân tử và hợp chất cao phân tử



Số nguyên tử C	Trạng thái và tính chất	Ứng dụng
1- 4	Khí	Khí đốt (gas)
5 - 11	Lỏng	xăng
9 - 16	Chất lỏng có độ nhớt trung bình	Dầu lửa
16 - 25	Chất lỏng có độ nhớt cao	Dầu và mỡ
25 - 50	Dạng rắn – tinh thể	Sáp parafin
50 - 1000	Dạng rắn – bán tinh thể	Lớp phủ, chống thấm
1000 - 5000	Dạng rắn - dai	Màng, đồ dân dụng
3 - 6 x10 ⁵	sợi	Găng tay mổ, áo chống đạn

Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.3.1 Định nghĩa

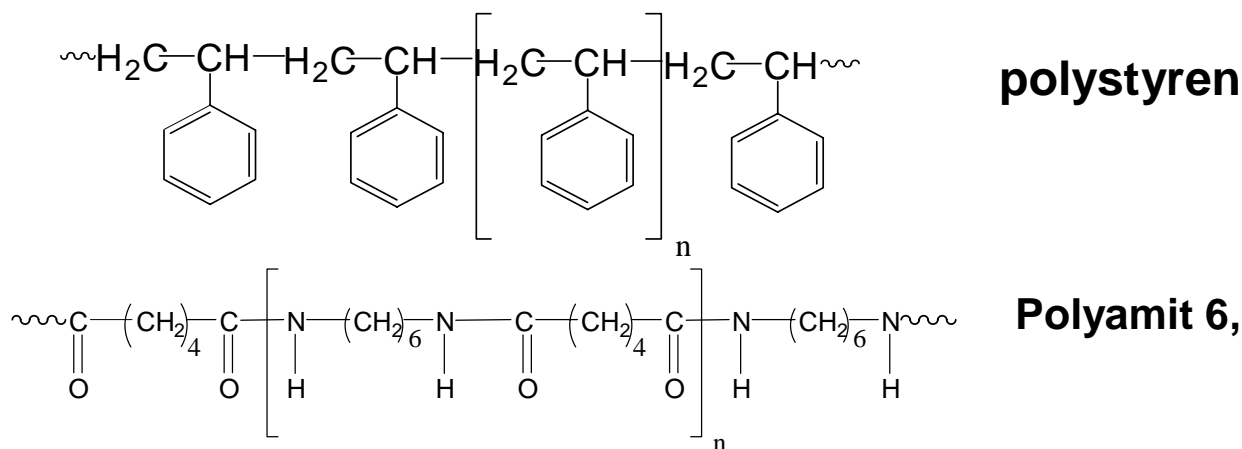
❖ **Polyme** là hợp chất cao phân tử được cấu tạo từ rất nhiều nhóm có cấu tạo hoá học giống nhau lặp đi lặp lại và chúng nối với nhau bằng liên kết đồng hoá trị.

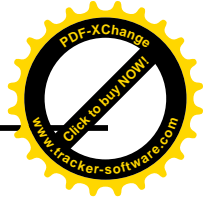
❖ **Oligome** – polyme khối lượng phân tử thấp (hợp chất trung gian), chưa mang những đặc trưng tính chất như polyme. Sự phân biệt giữa oligome và polyme không rõ ràng, tuy nhiên oligome không có sự thay đổi rõ ràng với những tính chất quan trọng.

❖ **Monome** là những phân tử hữu cơ đơn giản có chứa liên kết kép (đôi hoặc ba) hoặc có ít nhất hai nhóm chức hoạt động có khả năng phản ứng với nhau tạo thành polyme – tham gia *phản ứng trùng hợp*.

❖ **Mắt xích cơ bản** (*repeating unit or monomeric unit*): là những phần lặp đi lặp lại trong mạch polyme.

Ví dụ:





Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

❖ **Nhóm cuối** (end groups) là nhóm nguyên tử đặc trưng nằm ở cuối mạch polyme. Những oligome hoạt động có chứa nhóm cuối có khả năng tham gia phản ứng trùng hợp thường được dùng để tổng hợp copolyme và polyme không gian (ví dụ: nhựa epoxy).

❖ **Độ trùng hợp (P)** (degree of polymerization) là số mắt xích cơ bản trong phân tử polyme

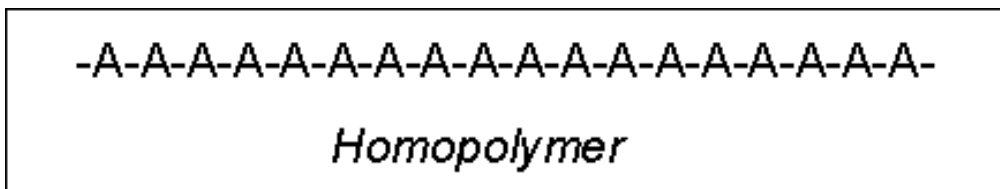
$$M = M_0 \cdot P$$

Trong đó: M_0 khối lượng phân tử của mắt xích cơ bản

M khối lượng phân tử của polyme

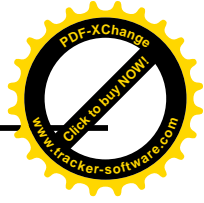
Những phân tử polyme của một polyme không có cùng chiều dài hay khối lượng phân tử → khái niệm: độ trùng hợp trung bình

◆ **Homopolyme** là những polyme được tạo thành từ một loại monome

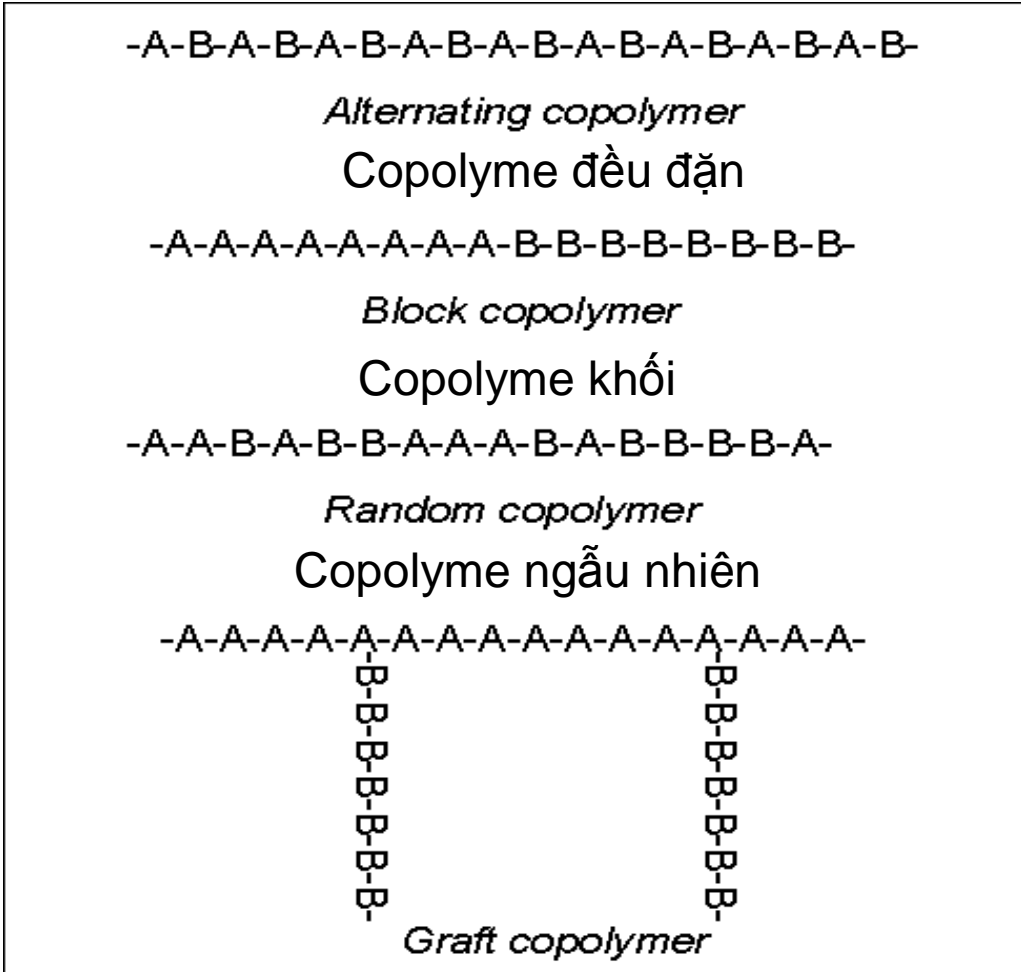


❖ **Copolyme** là polyme được tạo thành từ hai hay nhiều monome khác nhau. Rất nhiều polyme tổng hợp có giá trị thương mại, ví dụ: ABS, cao su Buna-S, ...

Sự sắp xếp của các monome trên mạch copolyme phụ thuộc vào phương pháp và cơ chế tổng hợp. Có thể chia thành các loại sau (các ví dụ sau trong trường hợp copolyme có chứa 2 loại *mắt xích cơ bản* khác nhau)



Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN



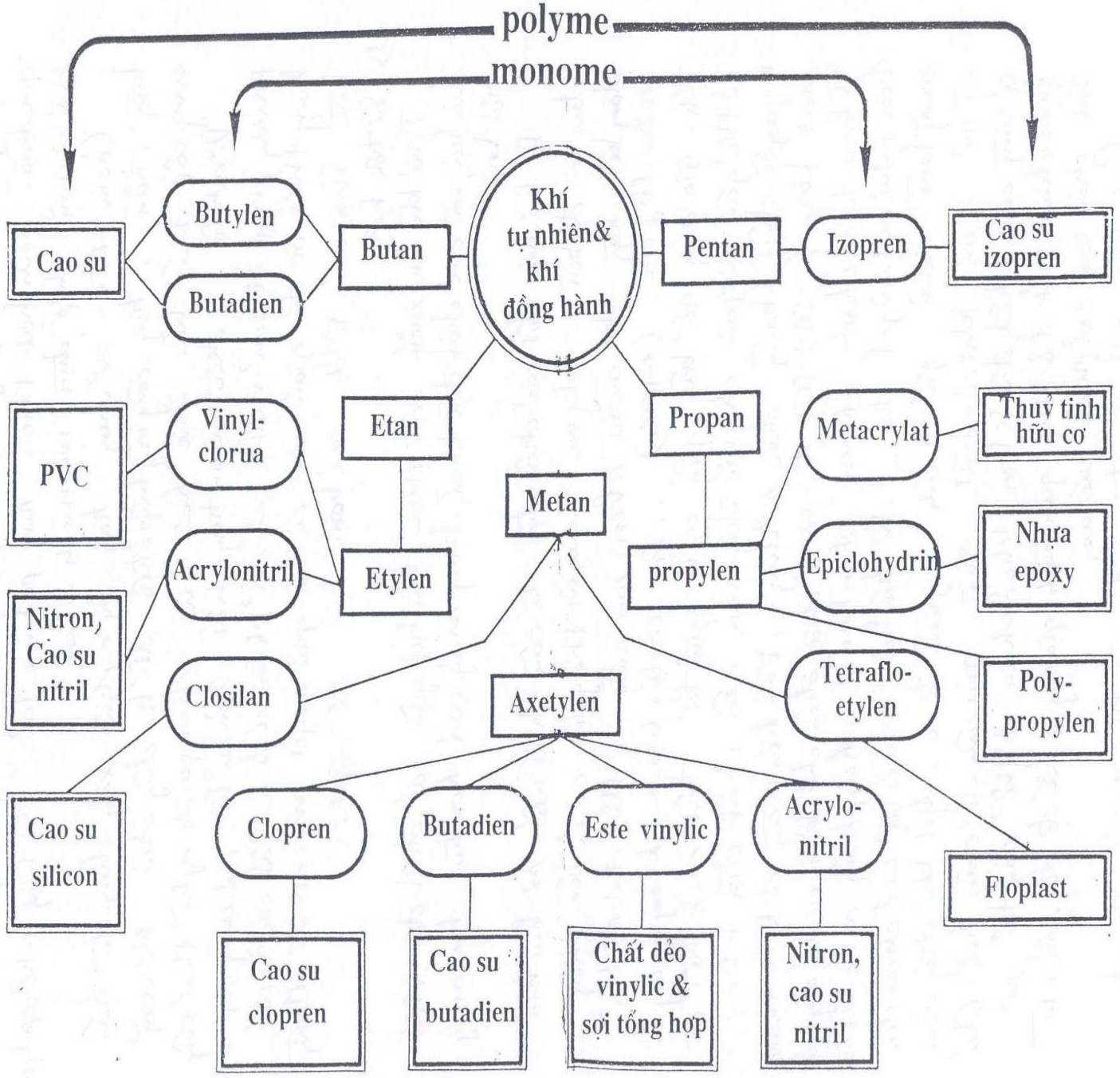
Copolyme ghép

1.3.2 Nguyên liệu ban đầu cho polyme – monome

- Quá trình tổng hợp polyme bao gồm 2 giai đoạn: điều chế monome và chuyển hoá chúng thành polyme
- Nguyên liệu quan trọng nhất để điều chế monome là dầu mỏ, khí tự nhiên, khí đồng hành, sản phẩm của quá trình chưng than đá.

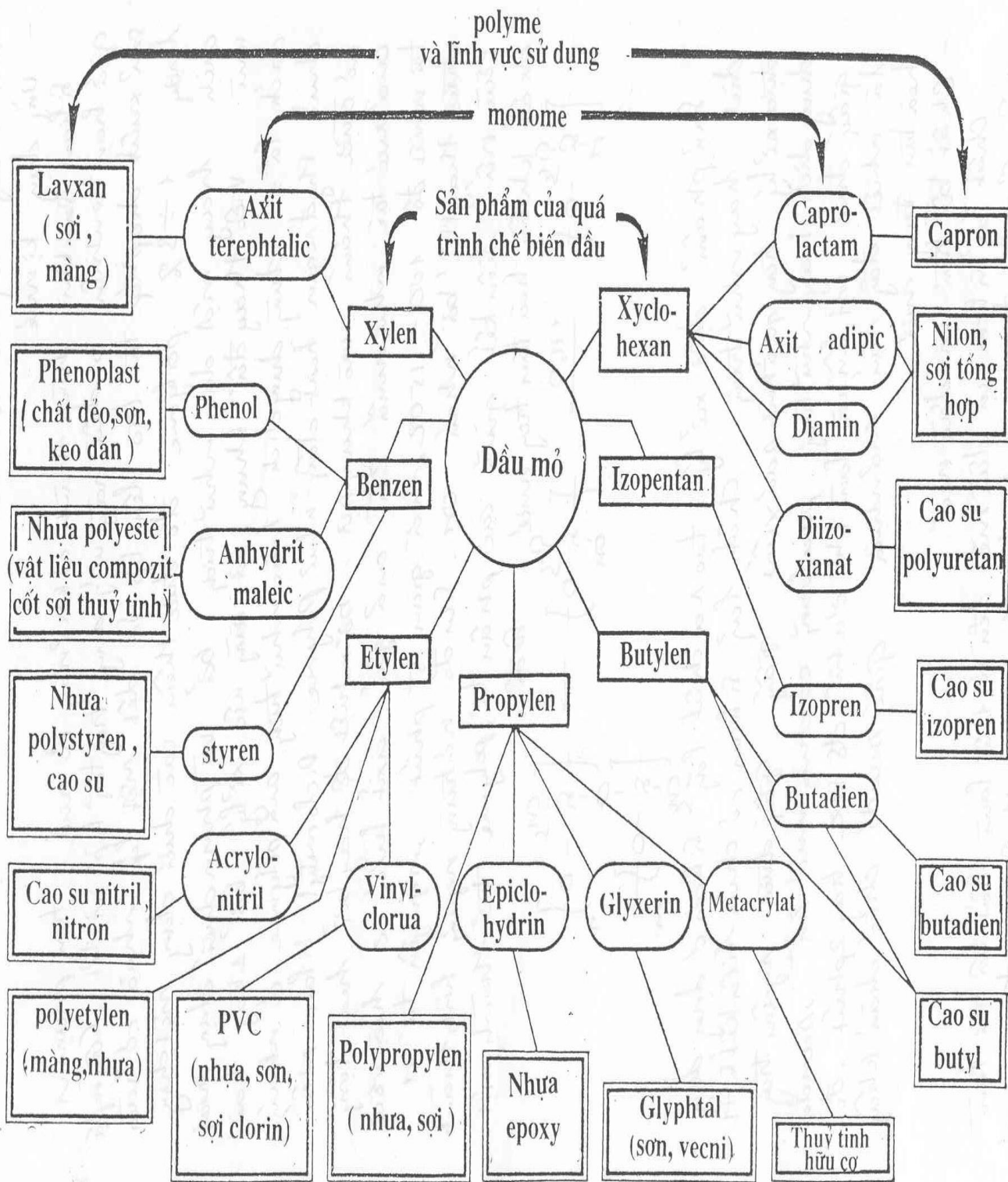
(sơ đồ kèm theo)

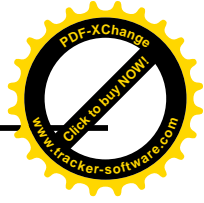
Sơ đồ chuyển hoá khí tự nhiên và khí đồng hành thành polyme





Sơ đồ chuyển hoá dầu mỏ thành polyme





1.3.3 Cấu tạo polyme

1.3.3.1 Khối lượng phân tử và sự phân bố khối lượng phân tử

- Rất nhiều tính chất của polyme phụ thuộc vào kích thước của mạch polyme → cần phải mô tả kích thước của chúng.
- Một phân tử polyme riêng lẻ có khối lượng rất nhỏ, khoảng 10^{-19} đến 10^{-18} g
- Khối lượng phân tử phân mol, M , (gọi tắt là khối lượng phân tử) có đơn vị g.mol^{-1} hoặc kg.mol^{-1} .
- Vì mạch polyme có chiều dài khác nhau nên khối lượng phân tử được biểu diễn bằng khối lượng phân tử trung bình \bar{M} (lấy giá trị trung bình về mặt số học)

Khối lượng phân tử trung bình số

$$\bar{M}_n = \sum X_i M_i$$

$$\bar{M}_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i}$$

Trong đó: X_i là phần mol của phân tử có khối lượng phân tử M_i , N_i số phân tử có cùng khối lượng M_i

- Khối lượng phân tử trung bình khối

$$\bar{M}_w = \sum (w_i M_i)$$

$$\bar{M}_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i}$$

Trong đó: w_i phần khối lượng của phân tử có khối lượng M_i

$$w_i = \frac{N_i M_i^2}{\sum N_i M_i}$$



Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN



- Hệ số đa phân tán (polydispersity or heterogeneity index)

$$\overline{M}_w / \overline{M}_n$$

- * Ý nghĩa đo bề rộng của sự phân tán khối lượng phân tử

$\overline{M}_w / \overline{M}_n = 1,5 - 2,0$ có nhiều polyme nhỏ hơn hoặc lớn hơn rất nhiều giá trị trung bình

$\overline{M}_w / \overline{M}_n = 1$ (phân tán đơn - monodisperse) phân tử polyme có kích thước gần bằng nhau.

Đối với polyme đồng thể (được tạo thành từ một loại polyme) có quan hệ giữa khối lượng phân tử trung bình và *độ trùng hợp trung bình số và trung bình khối*

$$\overline{P}_n = \frac{\overline{M}_n}{M_0}$$

$$\overline{P}_w = \frac{\overline{M}_w}{M_0}$$

- Các phương pháp xác định khối lượng phân tử trung bình số

- + Phương pháp thẩm thấu màng
- + Phương pháp thẩm thấu hơi bão hoà
- + Phân tích nhóm cuối

- Phương pháp nhiễu xạ (ánh sáng tĩnh, ánh sáng động, tia Rơnghen, tia neutron) cho phép xác định trực tiếp giá trị khối lượng phân tử trung bình khối

- Phương pháp sắc ký thẩm thấu gel (sắc ký) cho phép xác định gián tiếp , và chỉ số đa phân tán. 13

Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Phương pháp sắc ký lỏng (GPC) – Gel permeation chromatography

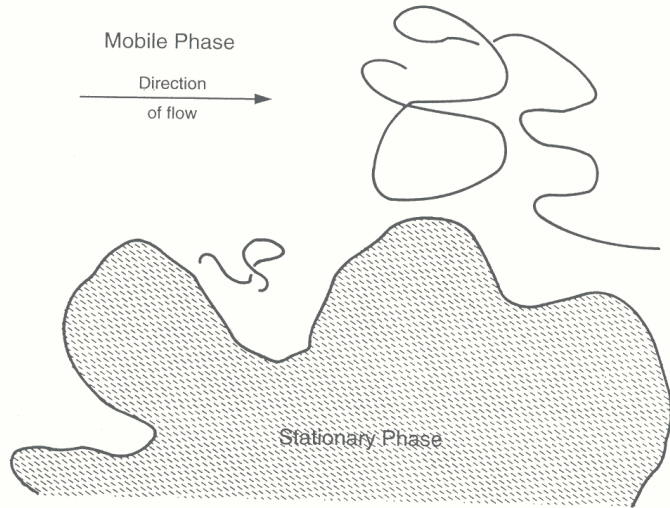


Figure 3.16 The size exclusion effect. The short chain can enter the pore, whereas the long chain will pass by.

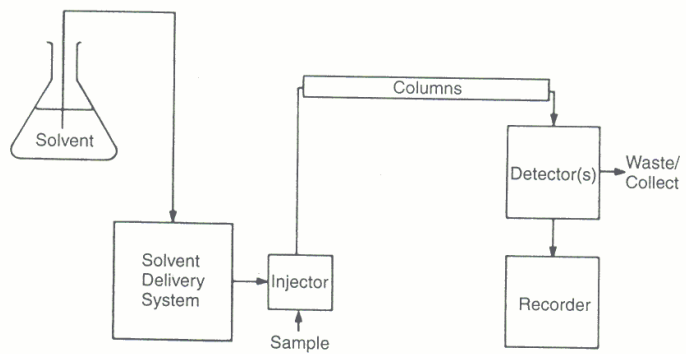


Figure 3.17 An illustration of the modules that make up GPC instrumentation (77).

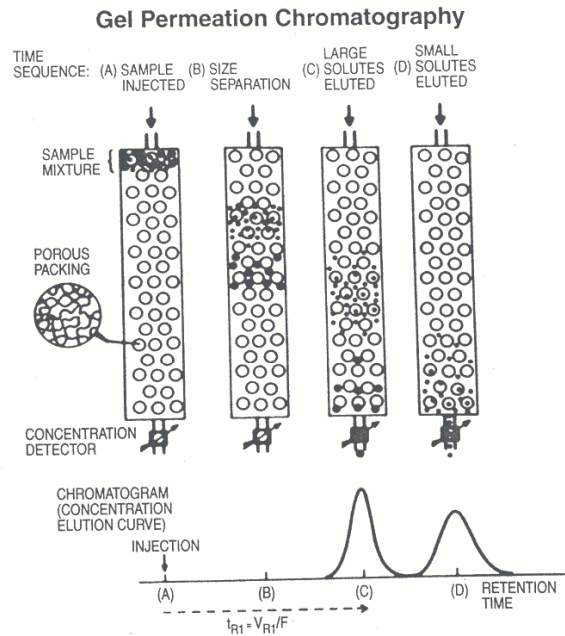


Figure 3.18 Illustration of the GPC experiment (81). The sample is injected into a solvent, which flows into a porous packed bed. The larger molecules flow straight through, whereas the small ones are temporarily held up.

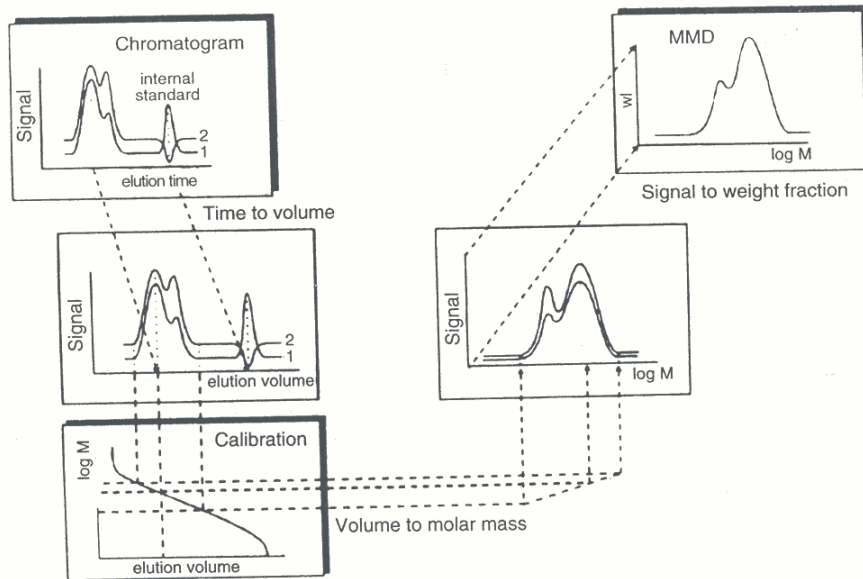
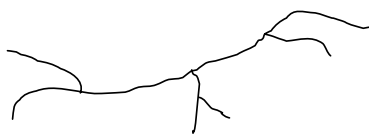


Figure 3.20 The molecular weight and molecular weight distribution are determined with standards precalibrated via an absolute method such as light-scattering.

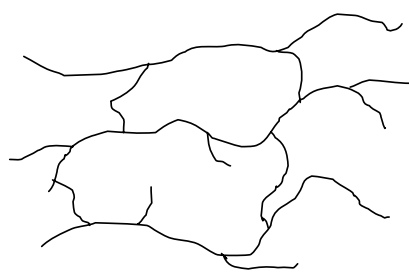
13.3.2 Hình dạng phân tử polyme



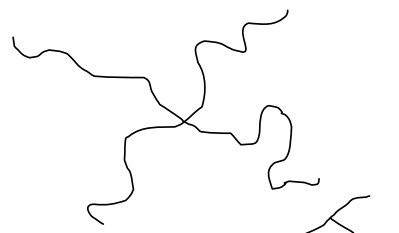
(a) mạch thẳng



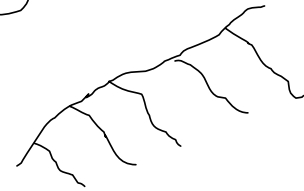
(b) mạch nhánh



(c) mạng lưới



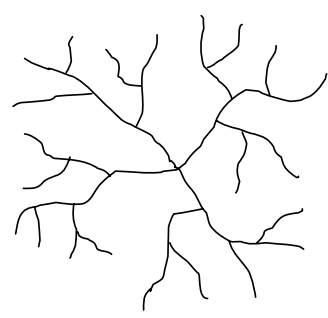
(c) hình sao



(d) hình răng lược



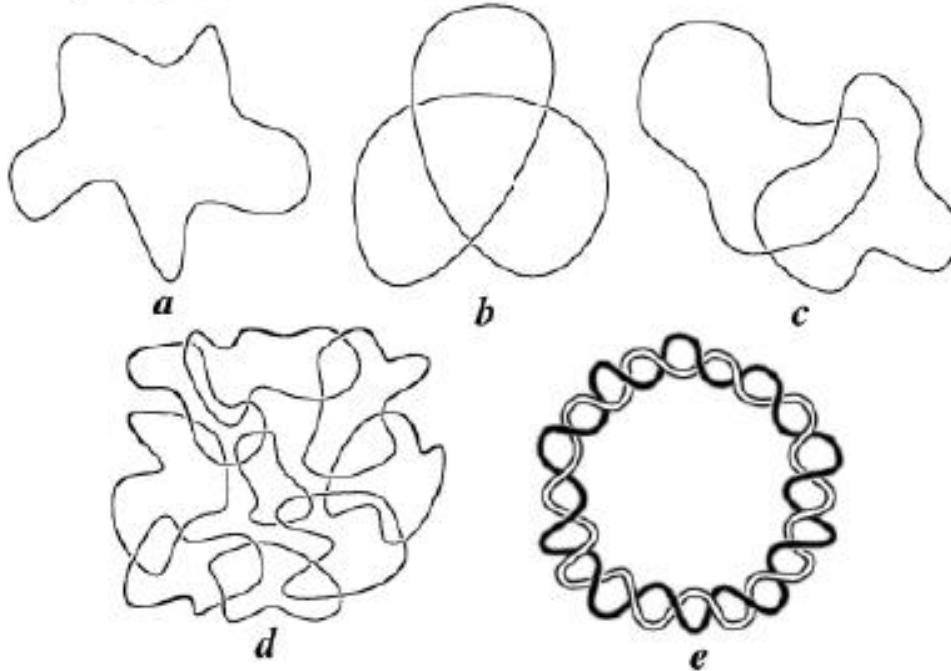
(e) hình thang



(e) hình cây
(dendrimers and hyperbranched polymer)

13.3.2 Hình dạng phân tử polyme

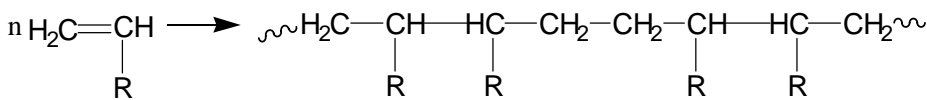
3 Ring macromolecules



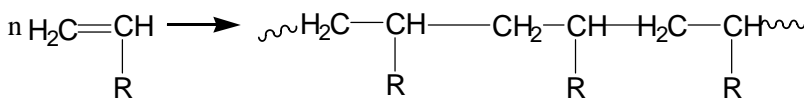
- a) unknotted ring macromolecule
- b) knotted ring macromolecule
- c) tangling of two ring macromolecule
- d) olympic gel
- e) tangling of two complementary strands into a double helix

13.3.3 Cấu trúc phân tử polyme

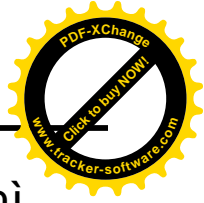
a) Liên quan đến sự sắp xếp của nguyên tử và nhóm thế trong mạch chính



Đầu nối đầu



Đầu nối đuôi



Chương 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

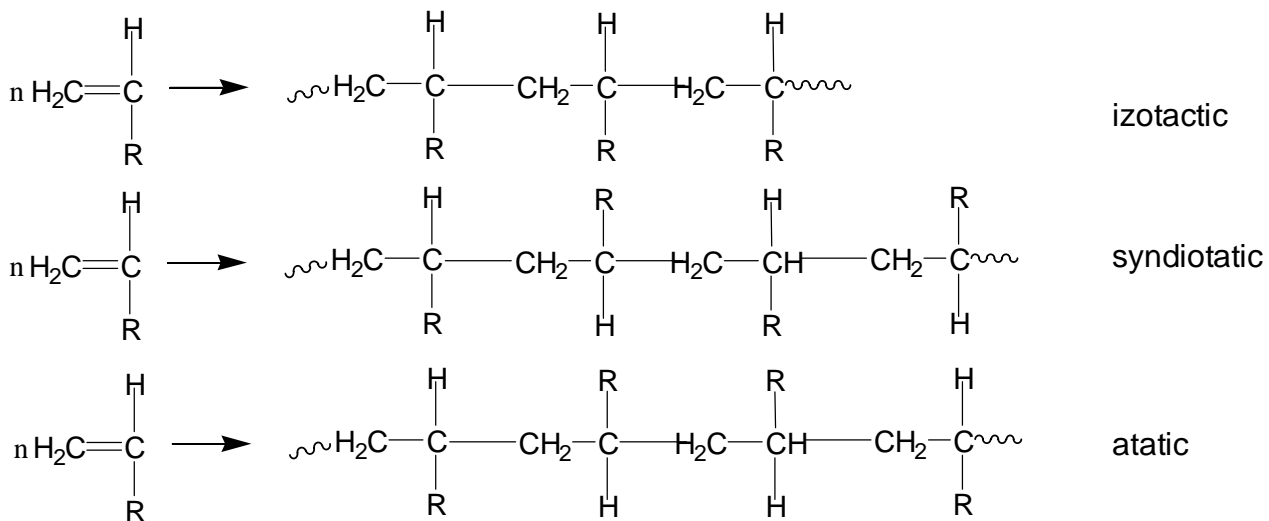
- Nếu xét về mặt nhiệt động học và cấu trúc không gian thì cấu trúc đầu nối đuôi chiếm đa số, mặc dù đa số polyme chứa một lượng nhỏ cấu trúc đầu nối đầu.
- Nếu tổng hợp được hai dạng cấu trúc đầu nối đầu và đầu nối đuôi riêng biệt thì tính chất của 2 polyme khác nhau rất lớn

Ví dụ: polyisobutylen (Malanga và Vogl – 1983)

cấu trúc đầu nối đầu có $T_m = 1870C$

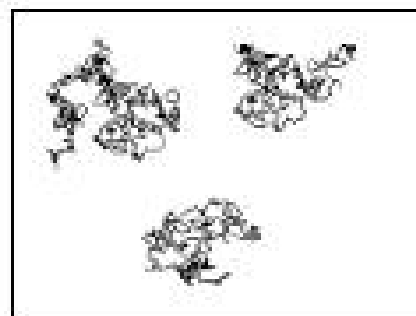
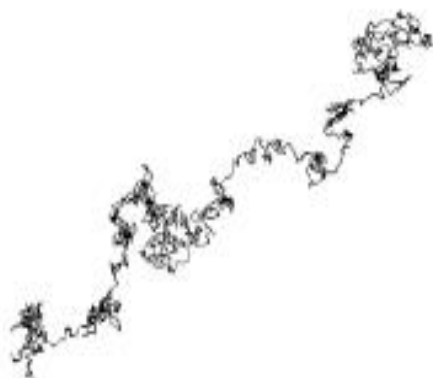
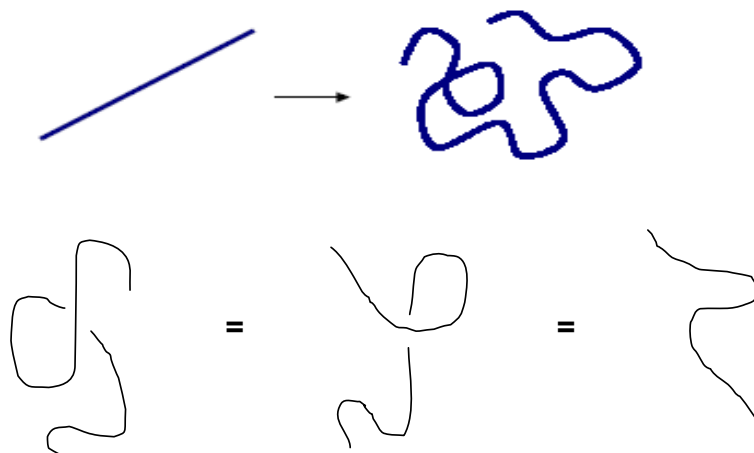
cấu trúc đầu nối đuôi chỉ kết tinh dưới áp suất và $T_m = 50C$

b) Đồng phân quang học: khi có nguyên tử cacbon bất đối trong mạch polyme

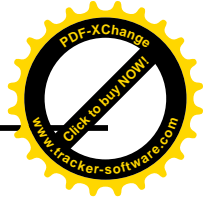


1.3.3.4 Hình thái cấu tạo

- Do sự sắp xếp của những nguyên tử, nhóm thế trên mạch polyme bằng các quay xung quanh liên kết đơn mà mạch polyme có thể nằm trên một mặt phẳng (bị kéo dãn hoàn toàn), hình xoắn ốc, những “bó” ngẫu nhiên.
- Ví dụ:



Chuyển động nhiệt động học của phân tử polyme ở trạng thái cô lập (thường tồn tại trong dung dịch loãng hoặc ở trạng thái nóng chảy



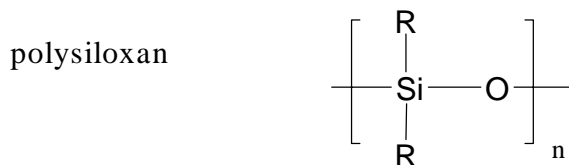
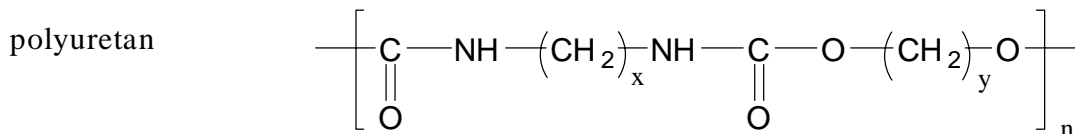
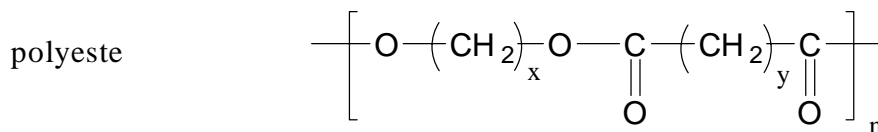
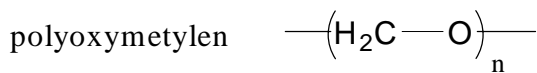
1.4.1 Phân loại polyme

a) Phân loại theo phương pháp tổng hợp

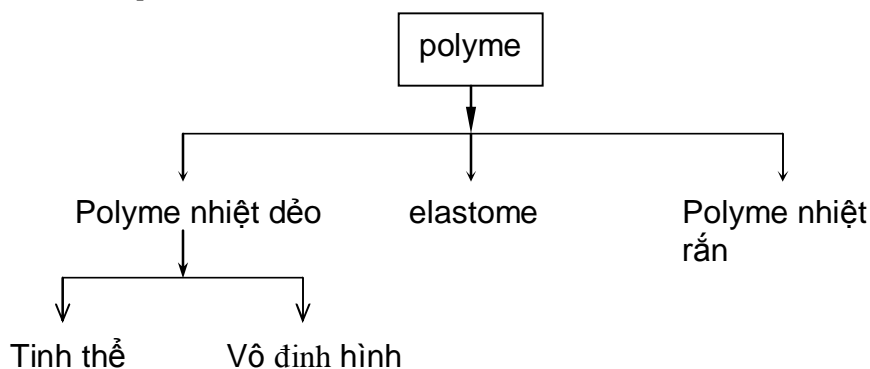
- + Polyme tự nhiên
- + Polyme trùng hợp
- + Polyme trùng ngưng

b) Phân loại theo cấu tạo hoá học

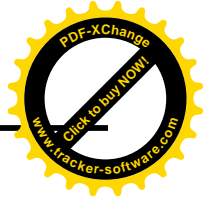
- + Polyme mạch cacbon
- + Polyme dị mạch: trong mạch chính ngoài nguyên tố cacbon còn có các nguyên tố khác như O, N, S ...



c) Phân loại theo tính chất



d) Phân loại theo lĩnh vực ứng dụng: chất dẻo, lớp phủ bảo vệ, sơn, sợi, cao su, keo dán, polyme composit,



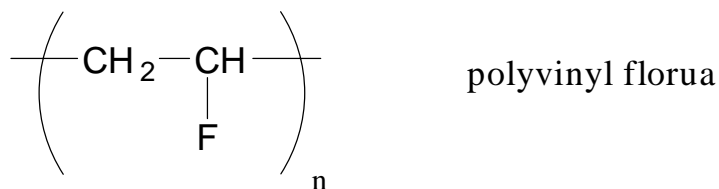
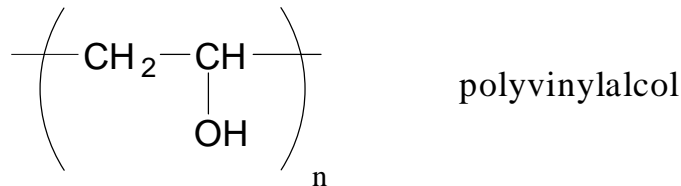
1.4.2 Cách gọi tên polyme

❖ Cách gọi đơn giản nhất tên polyme = poly + tên của monome

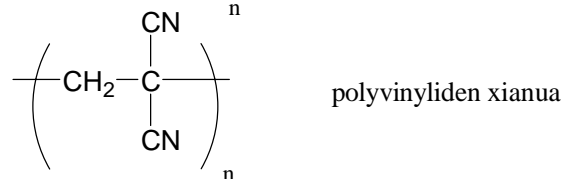
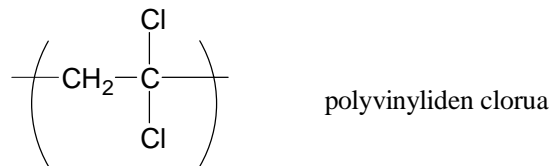
Ví dụ: etylen → polyetylen

Vinylclorua → polyvinyl clorua

Polyme đi từ dẫn xuất thế 1 lần của etylen có chứa gốc vinyl $\text{CH}_2 = \text{CH}$ - gọi là polyme vinylic

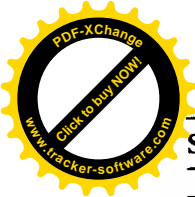


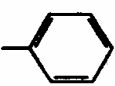

Polyme đi từ dẫn xuất nhóm thế 2 lần của etylen có chứa gốc vinyliden có tên gọi: poly + vinyliden + tên nhóm thế



Polyme dị mạch: tiếp đầu ngữ poly rồi đến tên gọi hợp chất

Ví dụ: polyeste, polyamit, polyuretán



Structure	Name	Where Used
$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{R}}{\text{CH}} \right)_n$	"Vinyl" class	
R = —H	Polyethylene	Plastic
R = —CH ₃	Polypropylene	Rope
R = — 	Polystyrene	Drinking cups
R = —Cl	Poly(vinyl chloride)	"Vinyl", water pipes
R = —O—  —CH ₃	Poly(vinyl acetate)	Latex paints
R = —OH	Poly(vinyl alcohol)	Fiber
$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{O}=\text{C}-\text{O}-\text{R}}{\overset{\text{X}}{\text{C}}} \right)_n$	X = —H, acrylics X = —CH ₃ , methacrylics	
X = —H, R = —C ₂ H ₅	Poly(ethyl acrylate)	Latex paints
X = —CH ₃ , R = —CH ₃	Poly(methyl methacrylate)	Plexiglas®
X = —CH ₃ , R = C ₂ H ₅	Poly(ethyl methacrylate)	Adhesives
$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\overset{\text{H}}{\text{C}}} \right)_n$	Polyacrylonitrile ^a	Orlon®
$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{R}}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right)_n$	"Diene" class	
R = —H	Polybutadiene	Tires
R = —CH ₃	Polyisoprene	Natural rubber
R = —Cl	Polychloroprene	Neoprene
$\left(\text{CX}_2 - \text{CR}_2 \right)_n$	Vinylidenes	
X = —H, R = —F	Poly(vinylidene fluoride)	Plastic
X = —F, R = —F	Polytetrafluoroethylene	Teflon®
X = —H, R = —CH ₃	Polyisobutene ^b	Elastomer
<i>Common Copolymers</i>		
EPDM	Ethylene-propylene-diene-monomer	Elastomer
SBR	Styrene-butadiene-rubber Poly(styrene- <i>stat</i> -butadiene) ^c	Tire rubber
NBR	Acrylonitrile-butadiene-rubber Poly(acrylonitrile- <i>stat</i> -butadiene)	Elastomer
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene ^d	Plastic

^aPolyacrylonitrile is technically a member of the acrylic class because it forms acrylic acid on hydrolysis.

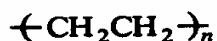
^bAlso called polyisobutylene. The 2% copolymer with isoprene, after vulcanization, is called butyl rubber.

^cThe term-*stat*-means statistical, as explained in Chapter 2.

^dABS is actually a blend or graft of two random copolymers, poly(acrylonitrile-*stat*-butadiene), and poly(acrylonitrile-*stat*-styrene).

APPENDIX 1.1 NAMES FOR POLYMERS

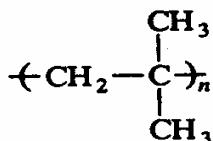
The IUPAC Macromolecular Nomenclature Commission has developed a systematic nomenclature for polymers (9). The Commission recognized, however, that a number of common polymers have semisystematic or trivial names that are well established by usage. For the reader's convenience, the recommended trivial name (or the source-based name) of the polymer is given under the polymer structure, and then the structure-based name is given. For example, the trivial name, polystyrene, is a source-based name, literally "the polymer made from styrene." The structure-based name, poly(1-phenylethylene), is useful both in addressing people who may not be familiar with the structure of polystyrene and in cases where the polymer is not well known. This book uses a source-based nomenclature, unless otherwise specified.



polyethylene
poly(methylene)



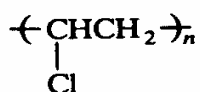
polypropylene
poly(1-methylethylene)



polyisobutylene
poly(1,1-dimethylethylene)



poly(vinyl alcohol)
poly(1-hydroxyethylene)



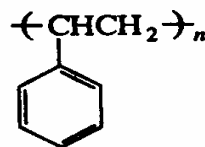
poly(vinyl chloride)
poly(1-chloroethylene)



polybutadiene^a
poly(1-butenylene)



polyisoprene^b
poly(1-methyl-1-butenylene)



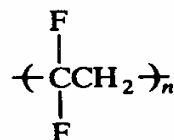
polystyrene
poly(1-phenylethylene)



polyacrylonitrile
poly(1-cyanoethylene)



poly(vinyl acetate)
poly(1-acetoxyethylene)



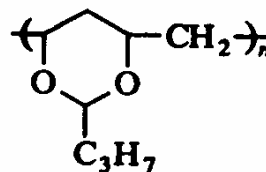
poly(vinylidene fluoride)
poly(1,1-difluoroethylene)

^a Polybutadiene is usually written $\left(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2 \right)_n$, that is, with the double bond in the center. The structure-based name is given.

^b Polyisoprene is usually written $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2\text{C}=\text{CHCH}_2 \end{array} \right)_n$.



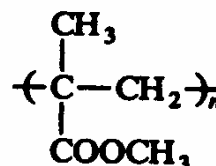
poly(tetrafluoroethylene)
poly(difluoromethylene)



poly(vinyl butyral)
poly[(2-propyl-1,3-dioxane-4,6-diyl)methylene]



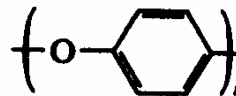
poly(methyl acrylate)
poly[1-(methoxycarbonyl)ethylene]



poly(methyl methacrylate)
poly[1-(methoxycarbonyl)-1-methylethylene]



polyformaldehyde
poly(oxymethylene)



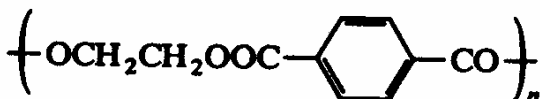
poly(phenylene oxide)
poly(oxy-1,4-phenylene)



polyamide 66^a
poly(hexamethylene adipamide)
poly(iminohexamethyleneiminoadipoyl)



poly(ethylene oxide)
poly(oxyethylene)



poly(ethylene terephthalate)
poly(oxyethyleneoxyterephthaloyl)



polyamide 6^b
poly(ϵ -caprolactam)
poly[imino(1-oxohexamethylene)]

^a Common name. Other ways this is named include nylon 6,6, 66-nylon, 6,6-nylon, and nylon 66.

^b Common name.