البوليمرات

اعداد: ا.م.د. همت محمد دردير قليعي

كلية العلوم

قسم الكيمياء

بيانات الكتاب

الكلية: التربيه

الفرقه: الثالثه

التخصص: كيمياء

تاريخ النشر: 2023،

عدد الصفحات: 27

المحتوي

الموضوعات	الصفحات
مقدمه في علم البوليمرات	1
درجه البلمره	2
المفاهيم الاساسيه لكيمياء البوليمرات	13-5
تقسيم البوليمرات طبقا لدرجة الحراره	14
تفاعلات البلمره	15
بوليمرات التكاثف	22-16
التصنيف المعتمد علي تجانس البوليمرات	23
المواد المضافه للبوليمرات	24
المراجع	24

مقدمة عن علم البوليمرات

يعتبر علم البوليمرات احد العلوم الكيميائيه الحديثه حيث ان تركيب الجزيئات العملاقه والتي سميت بالبوليمرات لم يعرف بالتحديد الابعد عام 1920 ولقد استخدم الانسان القديم البوليمرات الطبيعيه قبل مئات السنين في صنع ملابسه من القطن والصوف والحرير وجلود الحيوانت واستخدم البوليمرات في طعامه كالزيوت النياتيه والشحوم الحيوانيه واستعمل الراتنجات الطبيعيه كالصمغ العربي والاصماغ الحيوانيه والاسفلت في صنع وطلاء القوارب.

استخدامات البوليمر في الصناعة

1- المطاط الطبيعي :

حيث استخدم قديما في صناعة الممحاة , وبعد اكتشاف عملية الفلكنة استخدم المطاط المفلكن في صناعة المطاط القاسي

2- نترات السيليلوز

عن طريق معالجة السيليلوز بحمض النيتريك ينتج نترات السيليلوز حيث يستخدم بوليمر نترات السيليلوز في صناعة الحرير الصناعي , المتفجرات , دهان السيارات (الدوكو)

تعاريف مهمة

البوليمر : polymer

هو ترجمة لكلمة لاتينية تعني متعدد الاجزاء وهي مركبات ذات وزن جزيئي عالي يتراوح ما بين 10.000 الي 1000000 تتكون من جزيئات صغيرة مرتبطة مع بعضها بروابط كيميائية وقد ترتبط هذة الجزيئات معا بشكل خطي اومتفرع منتجة بوليمر خطي او بوليمر متفرع , لتكون مركب جديد يختلف في خواصه الفيزيائية والكيميائية عن المركب الاصل.

المونمر :-

وهي الجزيئات البسيطة المكونة لجزي البوليمرفاذا تم الاتحاد بين جزيئين من المونمر سمي الناتج دايمرواذا اتحد ثلاث جزيئات من المونمر سمي الناتج ترايمرواذا اتحد عدد اكبر من الجزيئات سمي الناتج بوليمروتعرف هذة التفاعلات باسم البلمرة

حيث n هي عدد الوحدات المتكررة من الجزي

درجة البلمره:

ويرمز لها بالرمز (DP) وهي تمثل عدد الوحدات التركيبيه المتكرره في سلسله جزئ البوليمر ويعبر عنها بالعدد (n) والتي توضع اسفل نهاية القوس الذي يحتوي علي الوحده التركيبيه المتكرره وكلما ازدادت درجة البلمره لاي بوليمر كلما دل ذلك علي ان وزنه الجزيئي كبير.

مثال

البولي ايثيلين

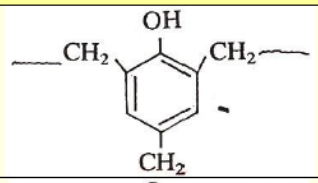
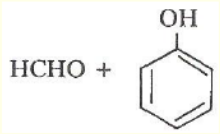
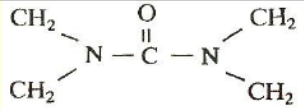
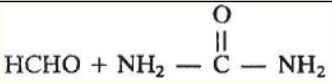
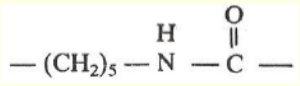
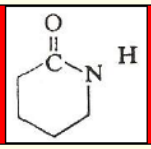
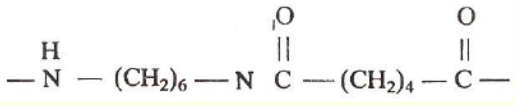
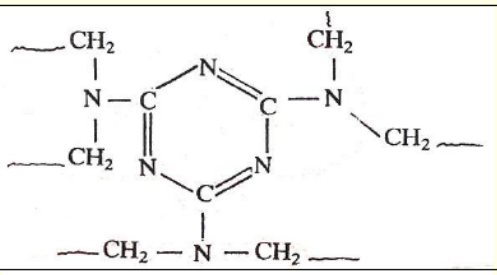
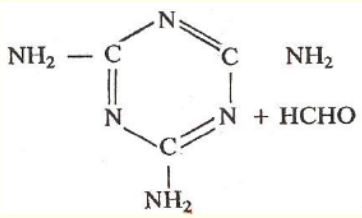
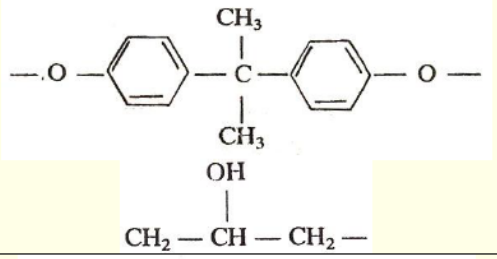
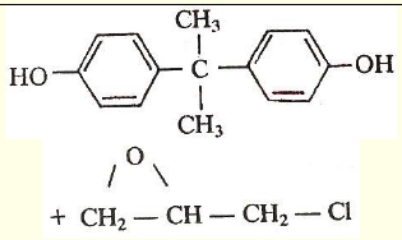
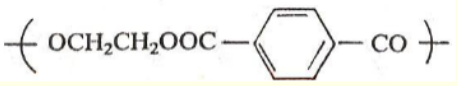
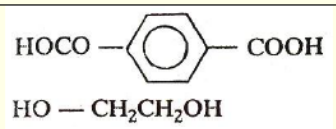
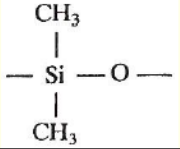
$$(CH_2=CH_2)_n$$

حيث n هي درجة البلمره

جدول (1): تركيب بعض بوليمرات الاضافه المهمه صناعيا والمونومرات المكونه له

بوليمرات الإضافة	الوحدة التركيبية	تركيب المونومر أو المونومرات
بولي إيثيلين	$-CH_2-CH_2-$	$CH_2=CH_2$
بولي بروبيلين	$-CH_2-CH(CH_3)-$	$CH_2=C(CH_3)H$
بولي (كلوريد الفينيل)	$-CH_2-CH(Cl)-$	$CH_2=CHCl$
بولي (كلوريد الفينيليدين)	$-CH_2-CCl_2-$	$CH_2=CCl_2$
بولي ستيرين	$-CH_2-CH(C_6H_5)-$	$CH_2=CHC_6H_5$
بولي بيوتادايين	$-CH_2-CH=CH-CH_2-$	$CH_2=CH-CH=CH_2$
بولي أيزوبيوتيلين	$-CH_2-C(CH_3)_2-$	$CH_2=C(CH_3)_2$
بولي أيزوبرين	$-CH_2-CH=C(CH_3)-CH_2-$	$CH_2=CH-C(CH_3)=CH_2$
بولي كلوروبرين	$-CH_2-CH=C(Cl)-CH_2-$	$CH_2=CH-C(Cl)=CH_2$
بولي (أكريلونتريل)	$-CH_2-CH(CN)-$	$CH_2=CH(CN)$
بولي (ميثيل ميثا أكريلات)	$-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-$	$CH_2=C(CH_3)COOCH_3$
بولي (تترافلوروإيثيلين	$-CF_2-CF_2-$	$CF_2=CF_2$

جدول (2): تركيب بعض بوليمرات التكاثف المهمه صناعيا والمونومرات المكونه له

بوليمرات التكثيف	الوحدة التركيبية	تركيب المونومر أو المونومرات
راتنجات الفينول فورمالدهيد		
راتنجات اليوريا فورمالدهيد		
نايلون - 6		
نايلون - 66		$NH_2(CH_2)_6$-NH_2 + $HOOC(CH_2)_4$-$COOH$
راتنجات الميلامين فورمالدهيد		
راتنجات الإيبوكسي		
بولي (تيرفثالات الإيثيلين)	 poly (ethylene terphthalate)	
بولي سلوكسانات		$Si(CH_3)_2Cl_2 + H_2O$

المفاهيم الأساسية لكيمياء البوليمرات

a – علاقة درجة البلمرة مع الوزن الجزئى للبوليمر :

إن جزئ المركب البوليمرى، أو الجزئ الضخم (macromolecule) مبنى من مئات وآلاف الذرات المرتبطة مع بعضها بقوة التكافؤات الرئيسية، منها جزئ السيللوز الضخم $[C_6H_{10}O_5]_n$ والكاوتشوك الطبيعى $[C_5H_8]_n$، وبولى كلور الفينيل $[C_2H_3Cl]_n$ وبولى أوكسيد الإيثيلين $[C_2H_4O]_n$... إلخ. ولكن لا يطبق هذا المفهوم على جميع البوليمرات لذا سنضطر عند دراسة المواد ذات الجزيئات الضخمة التى تتصف ببنية أكثر تعقيداً إلى الرجوع لتعريف مفهوم "الجزئ".

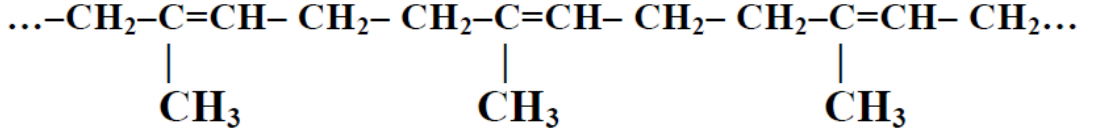
ويرتبط الإنتقال من مركب ذى جزئ صغير إلى مركب ذى جزئ ضخم بالتغييرات الكيفية للخواص الناتجة عن التغيرات الكمية فى الوزن الجزيئى. إلا أنه من الخطأ وضع حد فاصل بين المركبات "الكلاسيكية" ذات الجزيئات الصغيرة وبين المركبات ذات الجزيئات الضخمة، على أساس عدد الذرات الداخلة فى تركيب الجزئ، أو على أساس مقدار الوزن الجزيئى، ذلك لأن هذه التغيرات الكمية قد تظهر فى أنواع مختلفة من المركبات ذات الوزن الجزيئى المتغاير، فمثلاً أن بعض مشتقات السكريات المعقدة (التانين الصينى والتركى) ذات الوزن الجزيئى، هى مركبات كلاسيكية ذات جزيئات صغيرة، الوزن الجزيئى ~1000، هى مركبات كلاسيكية ذات جزيئات صغيرة، فى حين تتمتع البارافينات ذات الوزن الجزئيى 1000 بجميع صفات البوليمرات.

وتتكون غالبية مركبات الجزيئات الضخمة من مجموعات من الذرات المتساوية والمتكررة تدعى بالحلقات الأساسية :

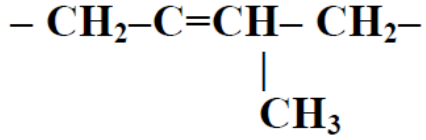
...–A–A–A–A–A–A–A–A–A–A–A–...

وتدعى هذه المركبات ذات الجزيئات الضخمة بالمركبات البوليمرية العالية، أو البوليمرات العالية (high polymers) أو بشكل أبسط بالبوليمرات (polymers) وذلك لتمييزها عن المونوميرات (monomers)، أى المركبات ذات الجزيئات الصغيرة التى تستخدم فى تخليق مركبات الجزيئات الضخمة.

أما الحلقة الأساسية فى جزئ الكاوتشوك الطبيعى الضخم :



فهى عبارة عن القسم التالى من السلسلة :



لذا تكتب الصيغة الإجمالية للكاوتشوك بالشكل التالى $(C_5H_8)_n$ مهملين بذلك الحلقات النهائية للجزئ الضخم، التى تختلف عن الحلقات الوسطى من حيث تركيبها الكيميائى. كما يعتبر انهيدريد الجلوكوز الحلقة الأساسية فى السيليلوز، لذا تكتب الصيغة الإجمالية للسيللوز بالشكل $[C_6H_{10}O_5]_n$ آخذين بعين الإعتبار ما جاء فى المثال السابق. ويدلل الرمز n فى هذه الصيغ على عدد الحلقات الإساسية الداخلة فى تركيب الجزئ الضخم، كما يعبر عن درجة البلمرة DP (degree of polymerization) للمركبات ذات الجزيئات الضخمة.

وترتبط درجة البلمرة مع الوزن الجزيئى للبوليمر (M) بالمعادلة:

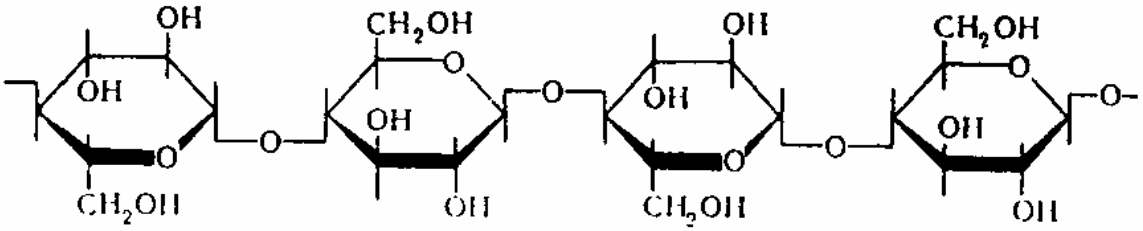
$$DP = \frac{M}{m}$$

حيث m الوزن الجزئى للحلقة الأساسية.

ويساوى الوزن الجزيئى للبوليمر حاصل ضرب الوزن الجزيئى للحلقة الأساسية ^{o} فى درجة البلمرة:

$$M = m \times DP$$

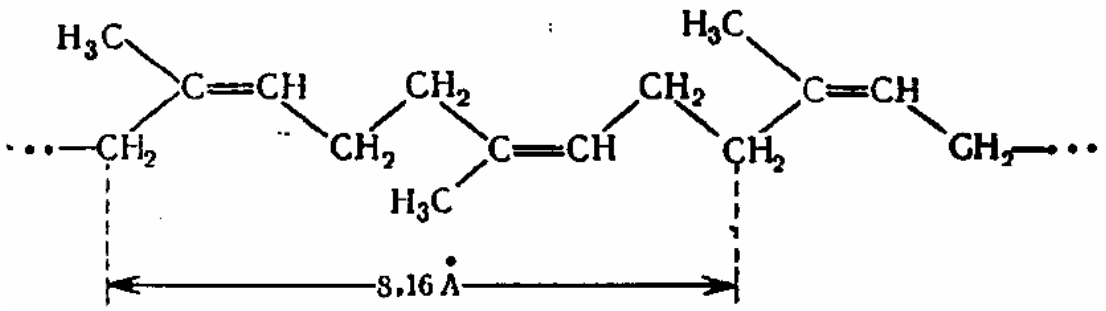
وفى بعض الحالات تختلف الحلقات الأساسية ببنيتها الفراغية علماً بأنها قد تحتوى على تركيب كيميائى واحد. فترى مثلاً أن الحلقات البيرانوزية β–D انهيدريد الجليكوز فى جزئ السيللوز الضخم ملتفة حول بعضها البعض بمقدار 80^{o} :



وتتألف الوحدة البنيوية البسيطة فى جزئ السيللوز الضخم من حلقتين أساسيتين، كما تعين هذه الوحدة دور المطابقة. ويرتبط مفهوم دور المطابقة بالحالة البلورية للبوليمر. فيمكن أن يغير الجزئ الضخم شكله وهو فى حالة منفردة. وتدور حلقاته الأساسية حول بعضها البعض بصور مختلفة. بينما تأخذ حلقات الجزئ الضخم الأساسية وضعاً ثابتاً أثناء تبلور البوليمرات فى أقسام معينة. ولقد تبين أن السلسلة الجزيئية للبوليمر مبنية من أقسام متكررة ذات بنية فراغية واحدة. ويدعى هذا القسم من السلسلة بدور المطابقة.

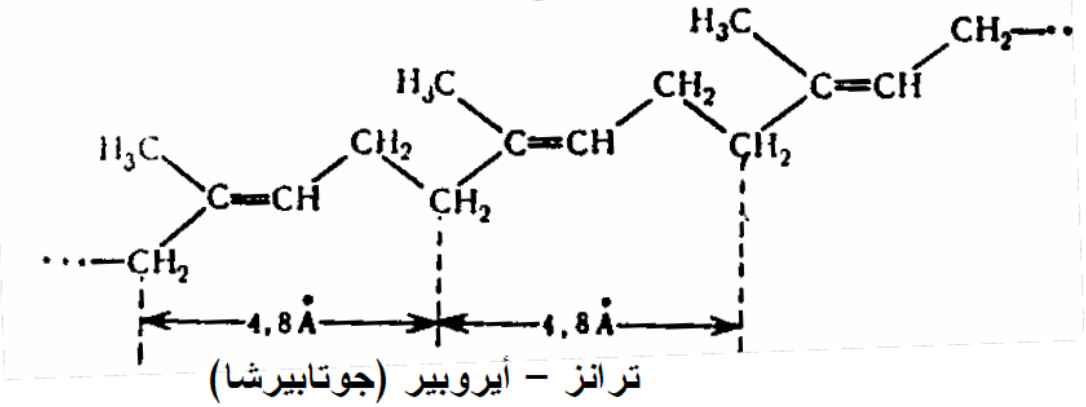
b – الكاوتشوك الطبيعى :

ويتألف الكاوتشوك الطبيعى والجوتا – بيرشا (gutta percha) من حلقات أساسية واحدة تختلف فى وضعها الفراغى، وبالتالى تختلف فى دور المطابقة. ويمتاز الكاوتشوك بالوضع سيس (cis) لذرات الكربون الأول والرابعة من الحلقة الأساسية بالنسبة للرابطة الثنائية:



سيس – أيزومير (كاوتشوك)

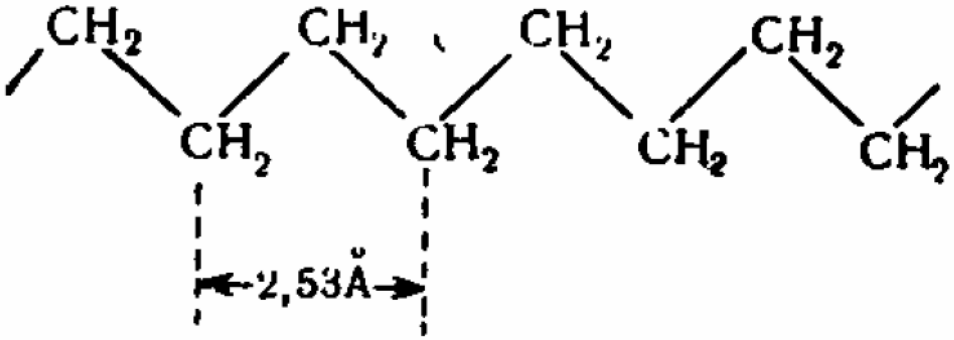
بينما يمتاز الجوتابيرشا بالوضع ترانس (trans) :



ترانز – أيروبير (جوتابيرشا)

وتعدل قيمة دور المطابقة فى الكاوتشوك البلورى $8.16\ A^{o}$ ، والجونابيرشا $4.8\ A^{o}$ ، ويبدو كما لو أن دور المطابقة يجب أن يزداد بمقدار الضعف أثناء الإنتقال من الجوتا بيرشا إلى الكاوتشوك. إلا أن دور المطابقة يتغير من $4.8\ A^{o}$ إلى $8.16\ A^{o}$ ، وذلك بسبب تغير الزوايا التكافئية والمسافات بين الذرات.

ويتألف جزئ بولى الإيثيلين البلورى الضخم من سلسلة مستوية ومتعرجة من الهيدروكربونات حيث يتجدد دور المطابقة هنا بمقدار أحد تعرجات هذه السلسلة:



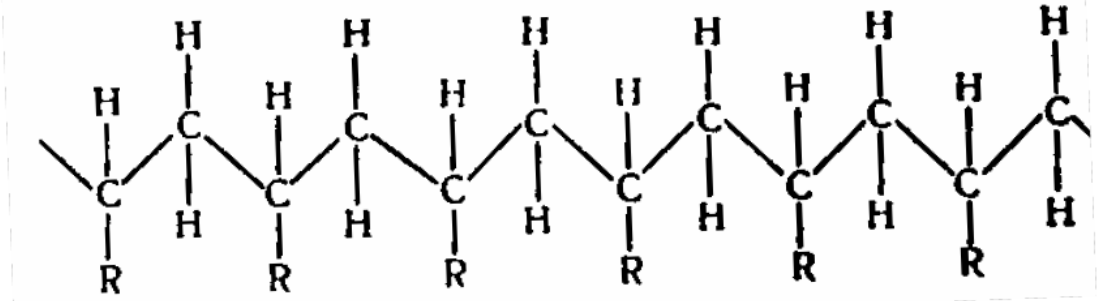
ونرى فى البوليمرات مشتقات الإيثيلين فى الوضع α ذات الشكل $(CH_2=CHR)_n$ إمكانية وضع الشقوق البديلة (substituent– radical) بأشكال مختلفة فى السلسة الجزيئية، وتحدد هذه الأشكال المختلفة، بنظام القسم، كما تتحدد بالوضع الشكلى

وتظهر نتيجة ذلك، الأيزوميرية الضوئية (optical isomerism) فى الحلقات الأساسية، التى تتفق توضعاتها الشكلية مع الشكلين D – و L – ويتعلق التوضع الفراغى للمجموعات المتبادلة R بتوزع هذه الأشكال فى السلسلة الجزيئية، تدعى البوليمرات التى تتناوب فيها بدون نظام الذرات غير المتناظرة ذات الأشكالD– و L – بالبوليمرات الآتاكتيكية (atactic polymers). ويمكن تمثيل هذا البوليمر فى المستوى بالشكل التالى :

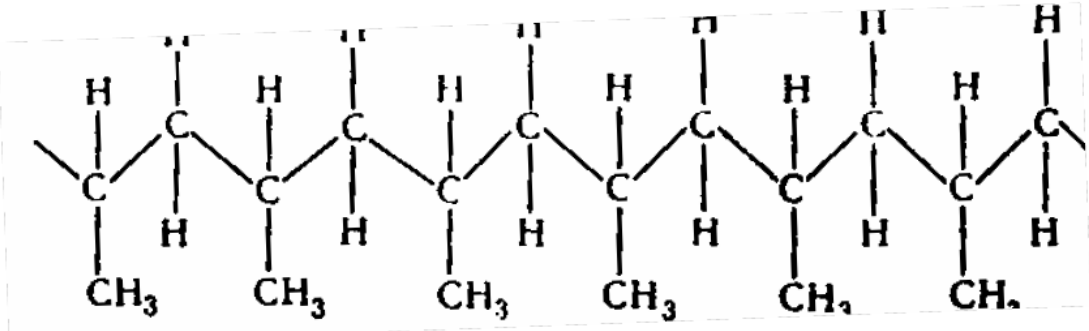
وترتبط الواحدات المونوميرية فى غالبية البوليمرات الآتاكتيكية حسب الشكل α ، β – (الرأس إلى الذنب) ولكن قد يصادف شذوذ عن هذه القاعدة.

c– البوليمرات الأيزوتاكتيكية :

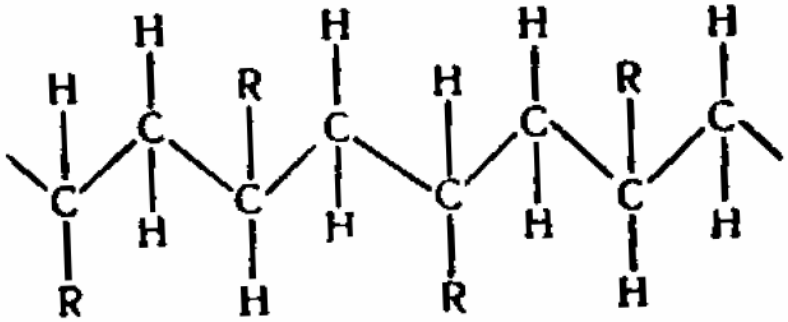
تدعى البوليمرات، التى تكون فيها ذرات الكربون غير المتناظرة ذات شكل واحد (D– أو L–) بالبوليمرات الأيزوتاكتيكية (isotactic polymers). ويمكن أن تأخذ بنية هذا البوليمر المرسومة على المستوى الشكلى التالى:



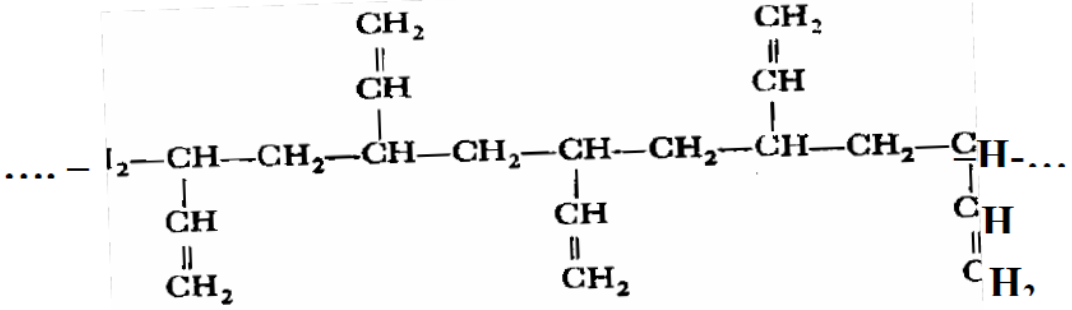
ويعتبر بولى البروبيلن مثالاً لهذه البوليمرات:



وتدعى البوليمرات التى تتناوب بإنتظام فى سلسلتها الجزيئية ذات الكربون غير المتناظرة وذات الشكل D– و L– بالبوليمرات السنديوتاكتيكية (syndiotactic polymers). إذ توضع البديلات فى هذه الحالة على كلتا جهتى السلسلة:



ويعتبر بول البيوتاديين – 1 ، 2 مثالاً لهذه البوليمرات :

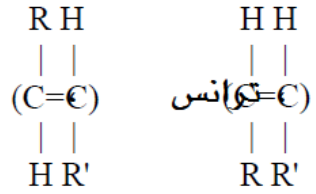


أما فى الحقيقة، فإن البنية الفراغية للبوليمرات الأيزوتاكتيكية والسينديوتاكتيكية أكثر تعقيداً، ذلك لأن جزيئاتها ملفوفة بشكل حلزونى. وتتحد البوليمرات الأيزوتاكتيكية والسينديوتاكتيكية تحت تسمية عامة واحدة، هى البوليمرات المنتظمة فراغياً: (stereoregular polymers) وتكون البوليمرات المنتظمة فراغياً مبنية دائماً وفق الشكل α ، β – "الرأس إلى الذنب".

d – البوليمرات المنتظمة فراغياً :

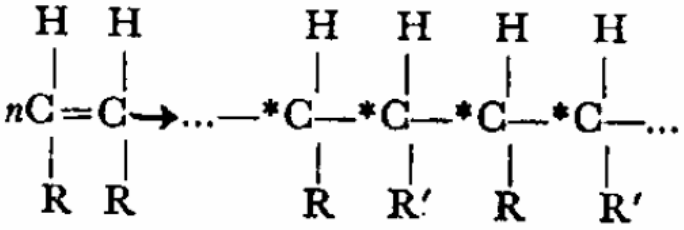
ويمكن الحصول على البوليمرات المنتظمة فراغياً من ثنائى مشتقات الإيثيلين فى الوضع α، β – ذات الشكل R–CH=CH–R' (البوليمرات ثنائية الأيزوتاكتيكية).

حيث توجد أيزومرات معروفة لهذه المونوميرات هى سيس

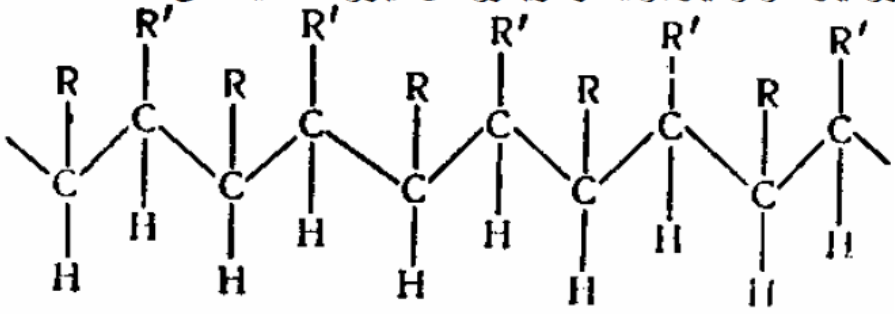


وترانس

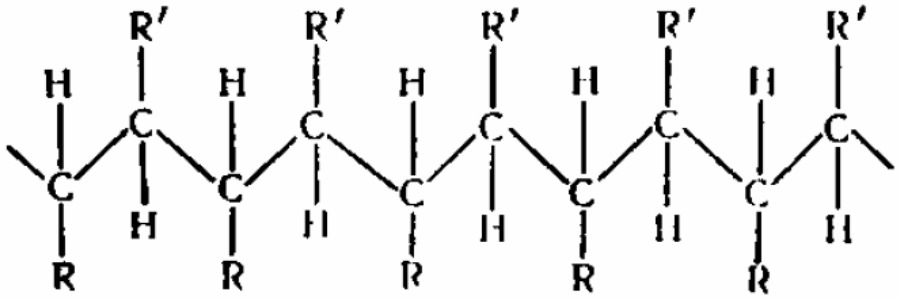
تحتوى على ذرتين كربونيتين ثلاثيتين تصبحان غير متناظرتين فى البوليمر :



ولا تتعلق بنية بوليمرات α,β– ثنائية مشتقات الإيثيلين بدرجة تناوب الحلقات الأساسية ذات الأشكال D– و L– فحسب. بل تتعلق أيضاً بالأيزومرية الهندسية (سيس وترانس) للمونومير الأصلى. ويتشكل من سيس أيزومير المونومير بوليمر أريترو دى أيزوتاكتيكى:



أما من ترانس أيزومير المونومير فنحصل على بوليمر تريو❖ دى أيزوتاكتيكى ذى البنية التالية:



وليست كل المركبات ذات الجزيئات الضخمة مؤلفة من حلقات متناوية ذات تركيب واحد. إذ أن جزيئات بعض المركبات مبنية من عدة حلقات أساسية مختلفة بتركيبها الكيميائى بحيث إن تركيب هذه الحلقات فى السلسلة الجزيئية يكون غير منتظم. مثال ذلك:

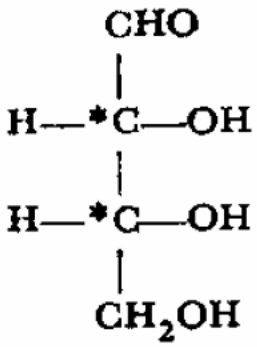
...–A–A–B–A–B–B–B–A–B–A–A–A–B–A–B–B– ...

أو :

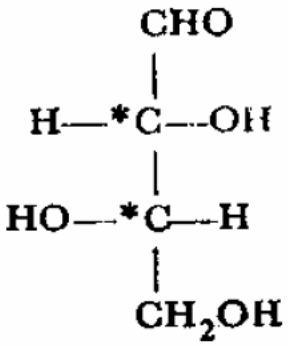
...–A–B–B–C–A–C–C–B–A–B–B–B–C–A–C–C– ...

حيث A و B و C حلقات أساسية مختلفة بتركيبها الكيميائى. وتدعى مثل هذه المركبات بالبوليمرات المشتركة (copolymers).

إن التعبيرين ناريترو ـ، وتريو ـ، مشتقان من تسمية السكريات – تيتروز، التى تختلف عن بعضها البعض بوضع المجموعات المتساوية عند ذرات الكربون غير المتناظرة.



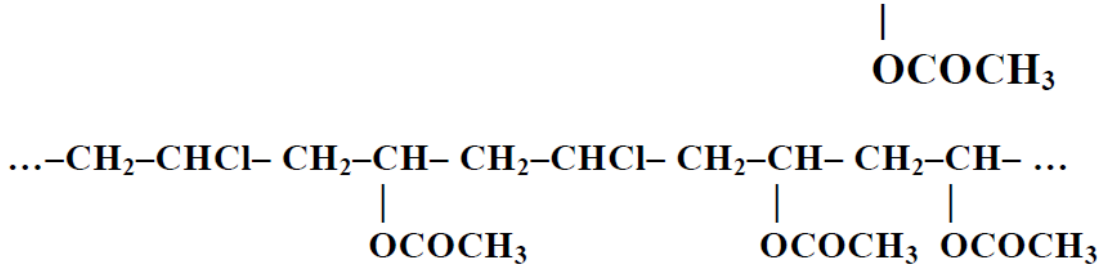
اريثروز



تريوز

e – البوليمرات المشتركة :

وينتمى إلى البوليمرات المشتركة العديد من البروتينات، واللجنين، والحموض النووية، وبولى السكريات المختلطة، وعدد كبير من المركبات الإصطناعية ذات الجزيئات الضخمة. فمثلاً يمكن البوليمر المشترك المؤلف من كلورو الفينيل $CH_2=CHCl$ وفينيل استات $CH_2 = CH$ بالشكل التالى:



وقد تتناوب الحلقات الأساسية فى بعض البوليمرات المشتركة بشكل منتظم ولكنها تدخل فى تركيب الجزئ الضخم بشكل قوالب (بلوكات blocks) كما نرى من الشكل:

...–A–A–A–A–A–B–B–B–B–B–A–A–A–A– ...

وتدعى مثل هذه البوليمرات المشتركة بالبوليمرات المشتركة القابلية (block–copoloymers).

وتستخدم الأوليجوميرات (oligomers) لتخليق البوليمرات المشتركة القابلية وهى عبارة عن مواد تحتل من حيث خواصها ووزنها الجزيئى مكاناً وسطاً بين البوليمرات والمونوميرات. ويتراوح الوزن الجزيئى لها بين 500 و 5000 إلا أنها كقاعدة عامة، لا تتصف بصفات مركبات الجزيئات الضخمة كما لا يمكن تصنيفها ضمن المركبات ذات الجزيئات الصغيرة.

ولقد تم الحصول فى السنوات الأخيرة على عدد كبير من البوليمرات المشتركة القالبية الإصطناعية مثل البوليمر المشترك القالبى لأوكسد الإيثيلن وإيثيلين – تيرى فثالات :

حيث R – شق فينيلى.

وهناك أيضاً بعض البوليمرات الطبيعية ذات بنية شبيهة ببنية البوليمرات المشتركة القابلية.

تصنيف البوليمرات وفقًا لخواص البوليمر الناتج بالنسبة لتأثره بعملية التسخين

أ) البلاستيكات المطاوعة للحرارة thermoplastics

وهي مواد صلبة القوام عند درجات الحرارة العادية ولكنها تلين بالحرارة وتتحول الي ما يشبة العجينة واذا ذيدت الحرارة فانها تنصهر , وهي تستخدم في صناعة البلاستيك والالياف الصناعية ومن امثلتها

بولي ايثيلين – بولي ستيرين – بولي فينيل كلوريد – بولي بروبلين

ب) البوليمرات المتصلبة حراريًا (غير المطاوعة للحرارة) thermosetting polymers

تعاني هذه البوليمرات تغيرات كيميائية عند تسخينها فتتشابك فيها السلاسل البوليمرية وتصبح هذه البوليمرات بعد معاملتها الحرارية غير ذائبة وغير قابلة للانصهار رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء . تستخدم هذه البوليمرات كمواد عازلة في الصناعات الكهربائية المنزلية مثل راتنجات الفينول فورمالدهيد , راتنجات اليوريا فورمالدهيد

تتم البلمرة عن طريق نوعين من التفاعلات

1- تفاعلات الاضافة :- addition reaction

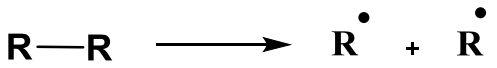
تتم علي المركبات الغير مشبعة بسرعة فائقة بطريقتين

أ- الشقوق الحرة free radical

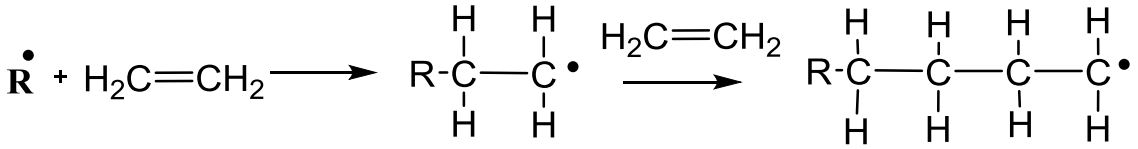
ب- البلمرة بالتاين ionic polymerization

ج-anionic cationic C+

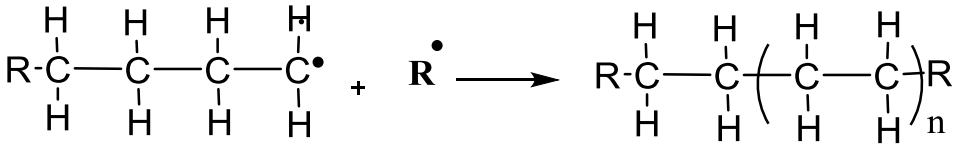
بلمرة الشقوق الحرة free radical



initiation step

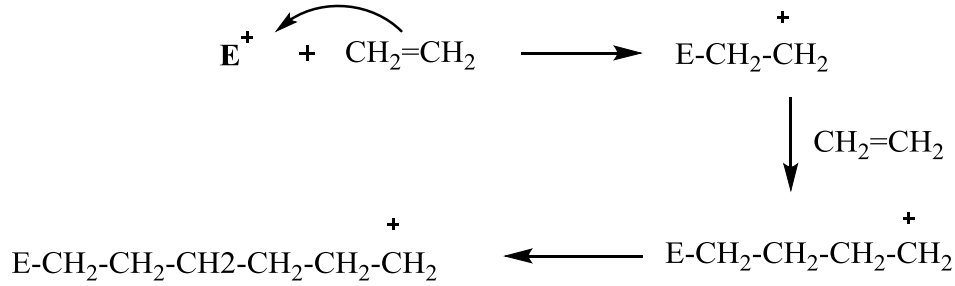


propagation step

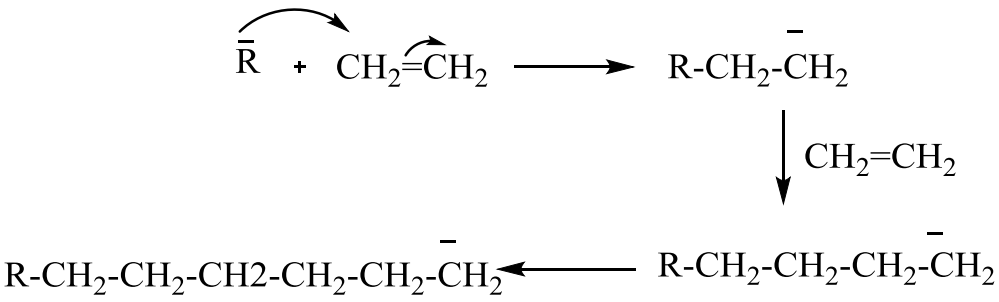


termination step

البلمرة بالتاين
a-cationic polymerization



البلمرة بالتاين
b- anionic polymerization

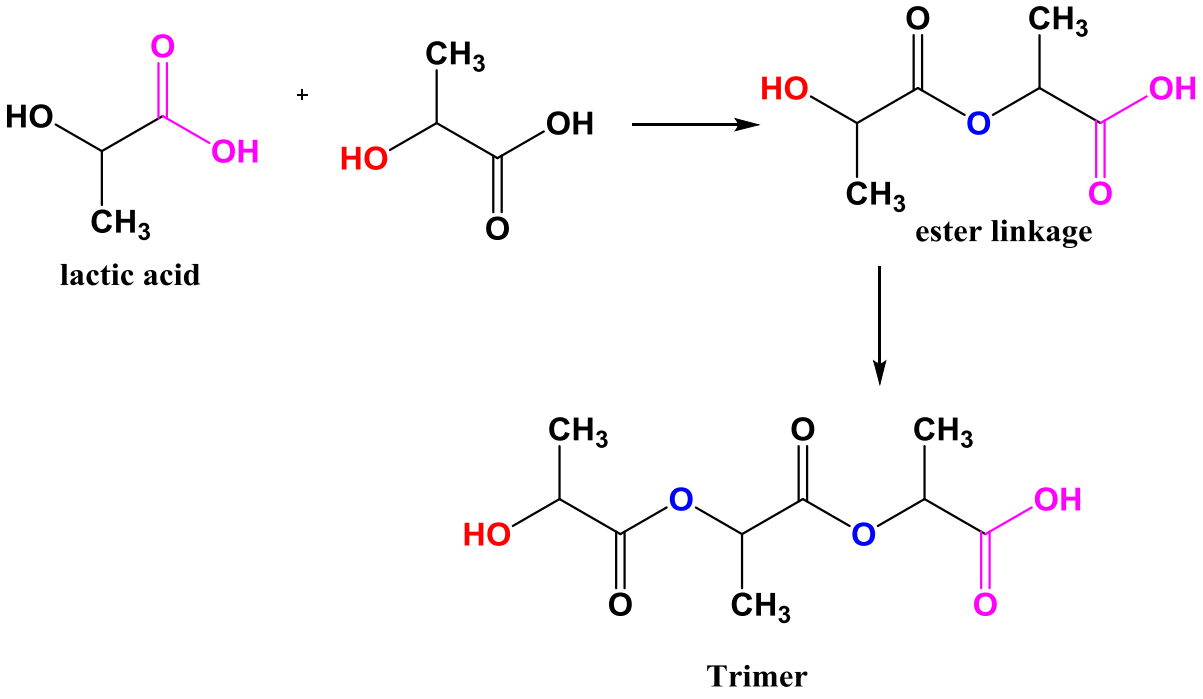


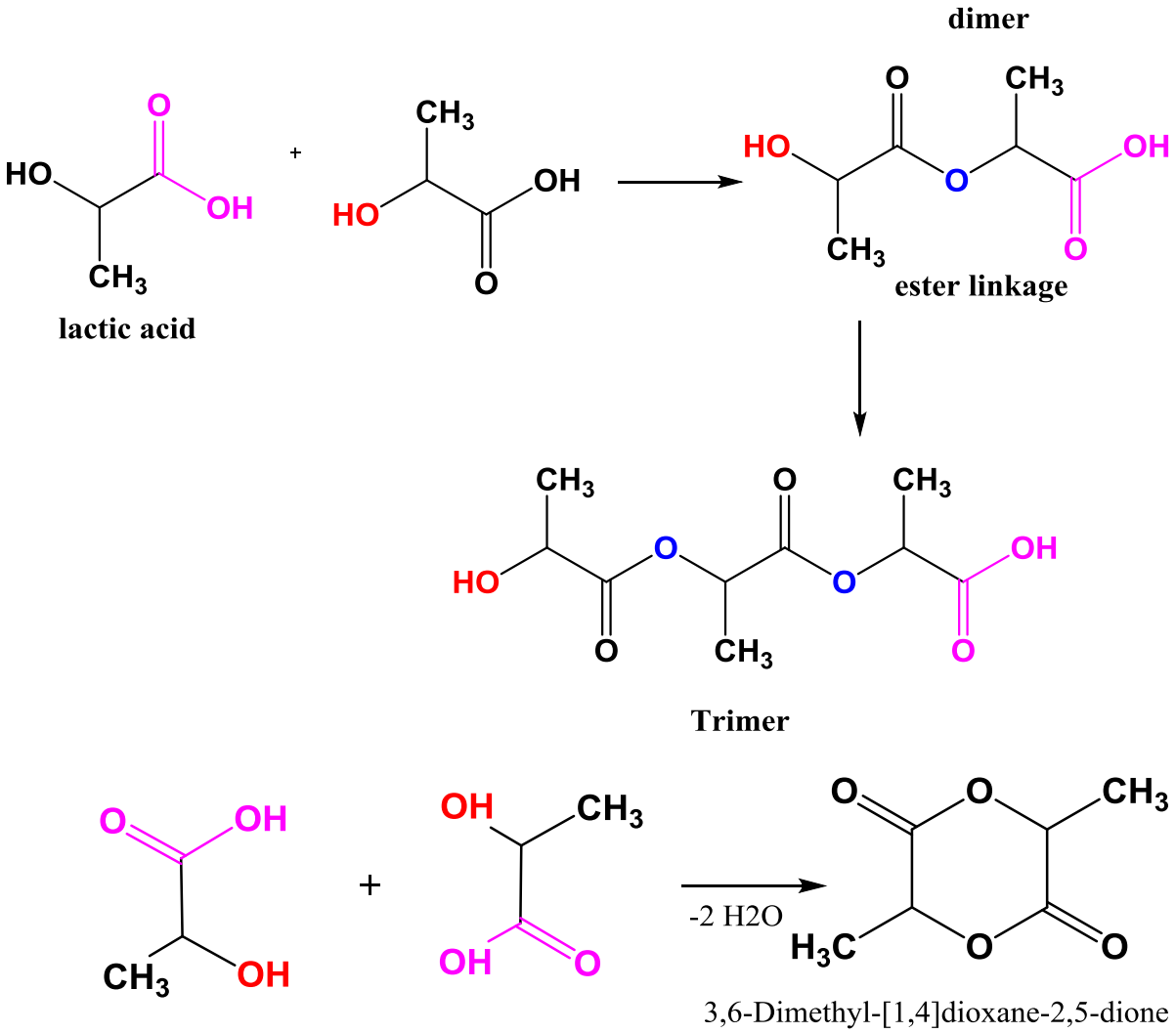
تتم البلمرة عن طريق نوعين من التفاعلات:

تفاعلات التكاثف :-

- وهي تتم عن طريق اتحاد جزيئين يحتوي كل واحد علي عدد 2 من المجموعات الفعالة لتكوين جزي واحد مع خروج احد النواتج من التفاعل مثل الماء او الامونيا

dimer





التصنيف المعتمد على الشكل البنائي لجزيئات البوليمر

تصنف البوليمرات على أساس الشكل البنائي للجزيئات البوليمرية إلى ثلاثة أصناف رئيسية تختلف في خواصها الفيزيائية والميكانيكية وفي استخداماتها :

أ) **البوليمرات الخطية** Linear Polymers

في هذه البوليمرات تكون الوحدة التركيبية مرتبطة مع بعضها بشكل خطي متواصل، تحضر هذه البوليمرات بطرق خاصة ومن مونومرات لها نقطنين ارتباط فقط

ومن امثلتها البولي ايثلين عالي الكثافة $CH_2=CH_2$

اكثر صلابة – اقل لزوجة عند 100 درجة

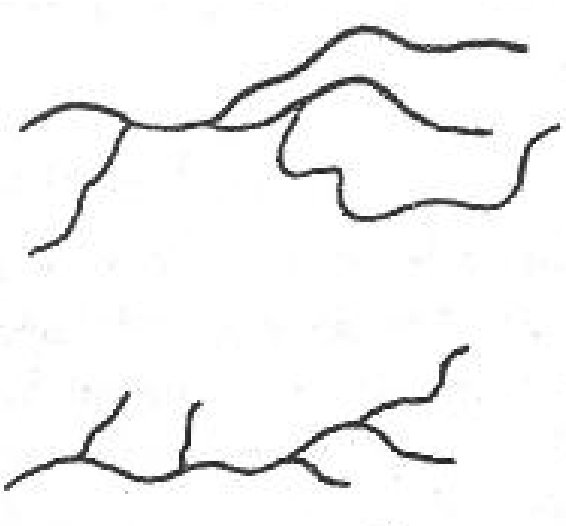
ب- البوليمرات المتفرعة Branched polymer

تتكون البوليمرات المتفرعة إما بسبب استخدام مونومرات

متعددة المجاميع الفعالة أو بسبب حدوث بعض التفاعلات الجانبية، تكون جزيئة البوليمر بشكل متفرع ويختلف التفرع من حيث طول الفرع الجانبي وموقعه على سلسلة البوليمر

من امثلتها بولي ايثلين منخفض الكثافة

يتميز باليونة –يفقد شكلة عند 100 درجة



ج) البوليمرات المتشابكة cross- linked polymer

تكون السلاسل البوليمرية في هذا الصنف من البوليمرات متشابكة مع بعضها ومرتبطة مع بعضها بأكثر من موقع واحد . مما يوثر علي الخواص الفيزيائية

فبازدياد درجة التشابك :

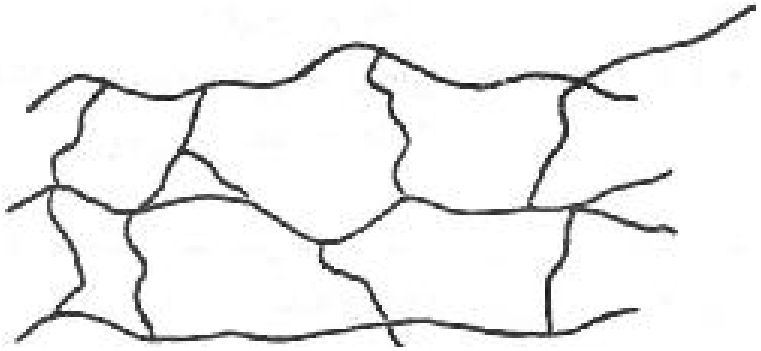
تقل الصفات المطاطية.

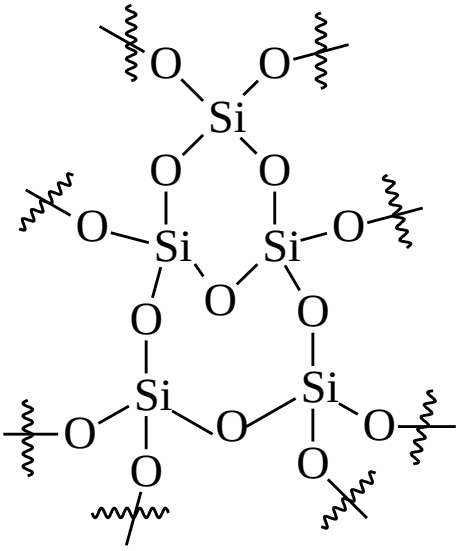
ترتفع درجة الإنصهار. عندما تكون درجة التشابك عالية يصبح البوليمر غير قابل للانصهار وغير موصل للحرارة والكهرباء

مثل (الزجاج)

راتنجات اليوريا فورمالدهيد.

الفينول فورمالدهيد وغيرها

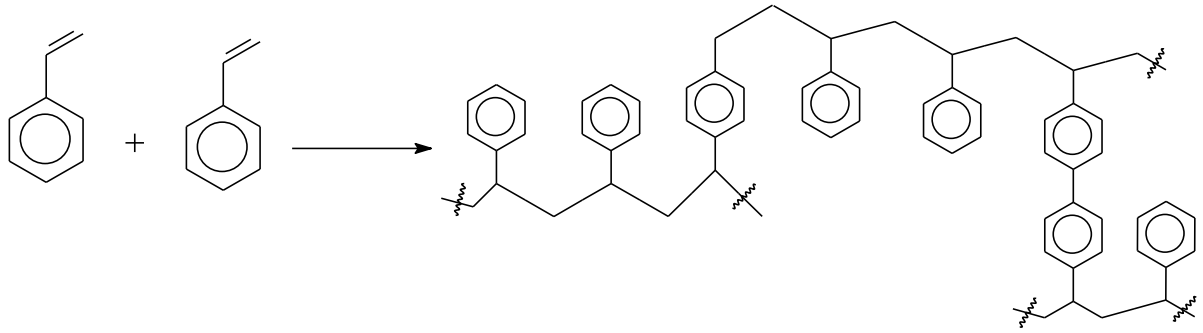




Glass

Cross-Linking in polymers:

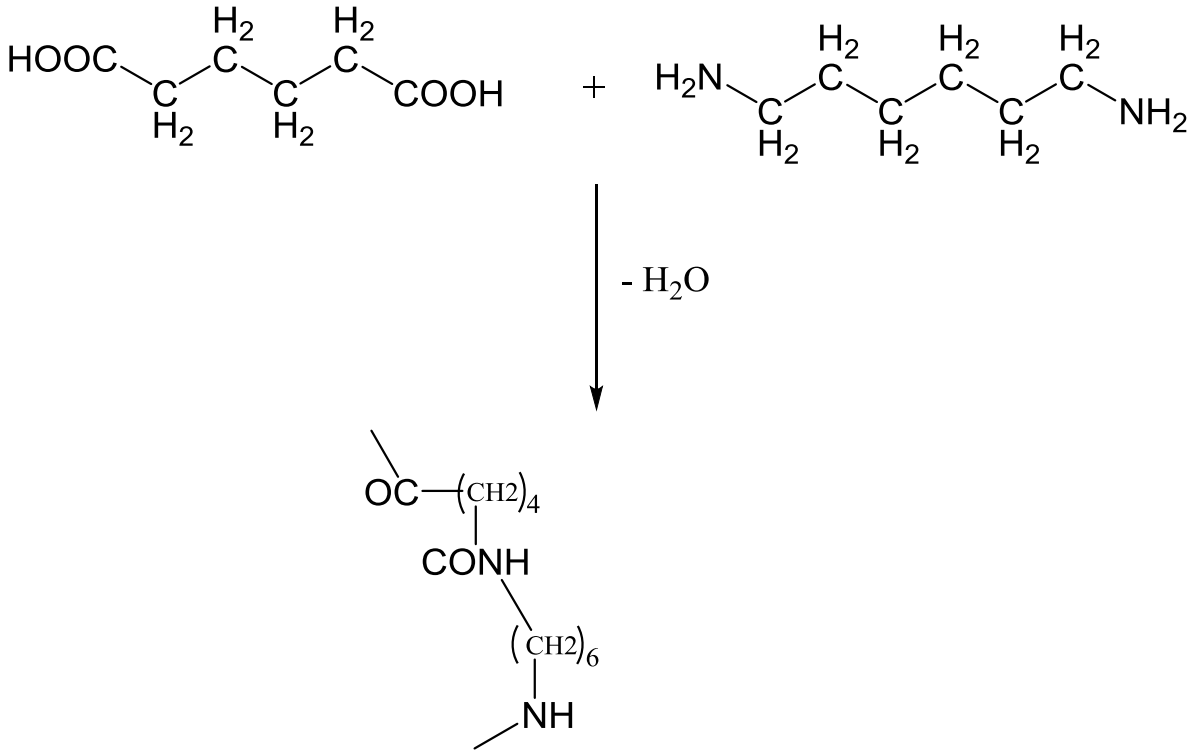
البوليمرات المتشابكة



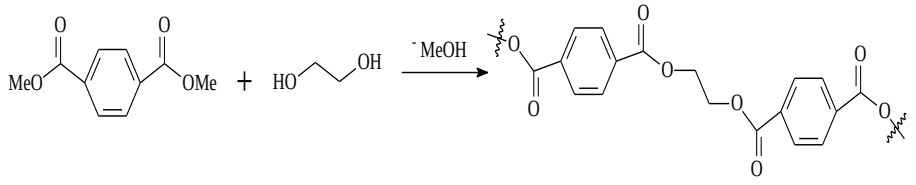
دراسة بعض بوليمرات التكاثف

١- Nylon 66

- وهو ناتج من تفاعل حمض الاديبيك adipic acid مع هيكساميثيلين داي امين hexamethylenediamine عن طريق تفاعل نزع جزي الماء

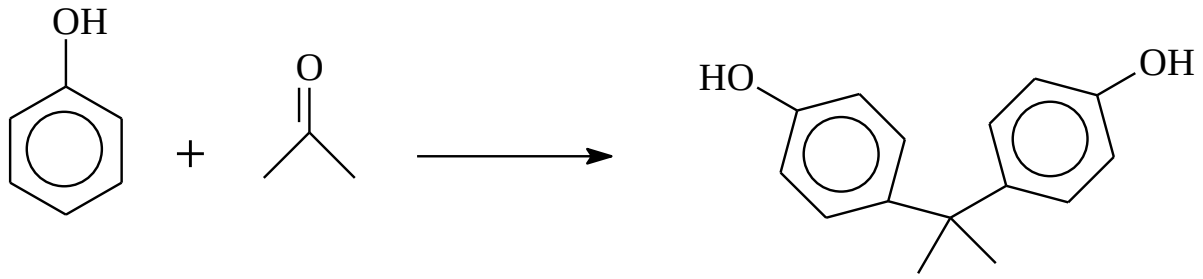


2-الداكرون



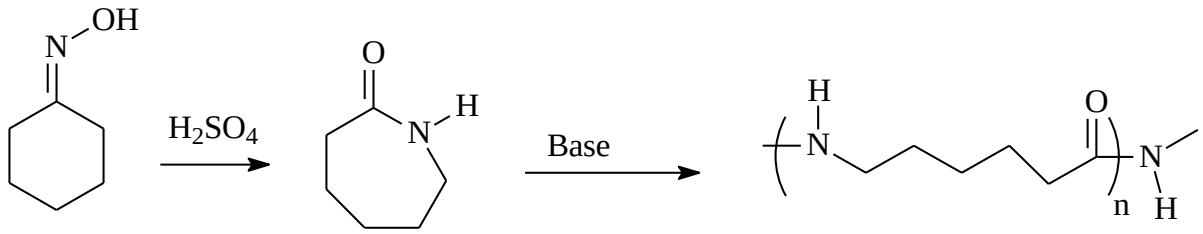
Dacron, Mylar

3-بولي كربونات



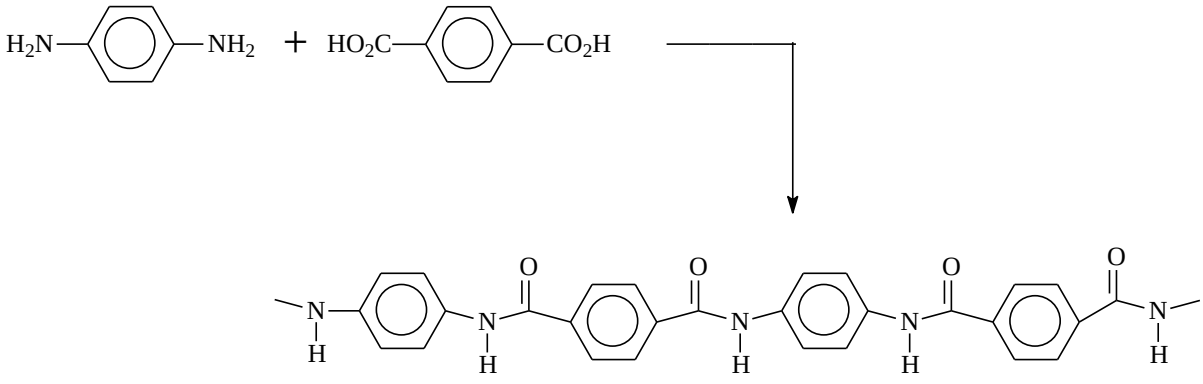
Bisphenol **A**

4- بولي ايميد



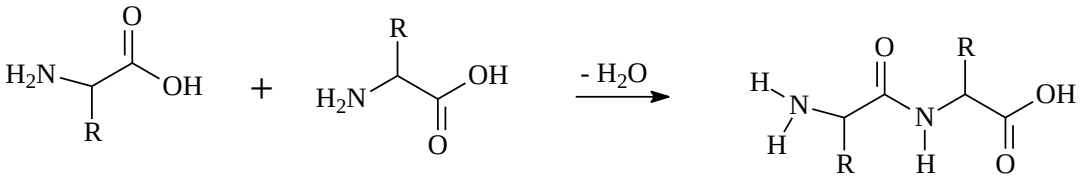
Nylon 6

PPTA -5

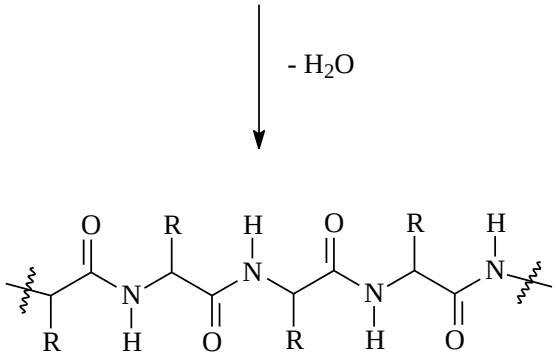


PPTA

6- بولي ببتيد



Dimir



Polypeptide

التصنيف المعتمد على تجانس البوليمر

١-البوليمرات المتجانسه

- تتكون هذه البوليمرات نتيجة لاستخدام أكثر من مونومر واحد.
- إن تركيب الوحدات التركيبية المختلفة في سلسلة البوليمر هو الذي يحدد طبيعة وخواص الكوبوليمر الناتج.
- تمتاز الكوبوليمرات بخواص تطبيقية مهمة، يمكن بواسطة البلمرة المشتركة (co-polymerization) تحسين العديد من خواص البوليمرات وإدخال الكثير من الخواص الجديدة في البوليمر المشترك.

٢-البوليمرات المركبه

- **يقصد بالبوليمرات المركبة المواد البوليمرية التي تتكون من نوعين من المكونات أو أكثر.** وتكون عادة متضمنة على طورين أو أكثر أي أنها غير متجانسة (heterogeneous)
- تتكون البوليمرات المركبة من إضافة بعض المكونات الأخرى إلى البوليمر المتجانس بغية تتغير بعض خواصه وإدخال صفات جديدة على البوليمر.

- **3- المخاليط البوليمرية polymer blends**

يتكون هذا النوع من البوليمرات عن طريق مزج نوعين من البوليمر مزجا فيزيائيا للحصول علي خواص مرغوبة , وهذا النوع من البوليمرات مشهور في مجال صناعة الالياف الصناعية عن طريق مزج القطن مع النايلون او الصوف مع الاكريليك

أهـم الصـفات المرغـوب الحصـول عليهـا في البـوليـمر

المركب الناتج من البوليمر المتجانس :

١) زيـادة صـلادة (stiffness) البـوليمر وقوتـه (strength) وثبات أبعاده (dimensional stability).

٢) زيادة قوة البوليمر للتصادم (impact strength).

٣) رفـع درجـة حـرارة التشـوه (distortion temperature) للبوليمر.

٤) زيادة التضاؤل الميكانيكي للبوليمر (mechanical damping).

٥) تقليل نفاذية البوليمر للغازات والسوائل.

٦) تغير بعض الصفات الكهربية للبوليمر.

٧) تقليل كلفة البوليمر.

انواع المواد المضافة الى البوليمر لتغيير خواصة

1- المالئات fillers

هي مادة صلدة تضاف الي البوليمر من اجل زيادة صلابتة

2- الملدنات plasticiser

وهي سوائل ذات درجة غليان مرتفعة تضاف من اجل تقايا الصلابة وزيادة المرونة وتقلل درجة انصهارها

3- الاصباغ dyes

المراجع

١- **مقدمه في علم البوليمرات د عمر بن عبدالله الهزازي**
٢- **اساسيات كيمياء البوليمرات والغروانيات دكتور محمد فكري الهادي**