الفصل الأول
مقدمة في علم البوليمرات

تاريخ علم البوليمر
History of Polymer Science

يعتبر علم البوليمرات أحد العلوم الكيميائية الحديثة حيث أن تركيب الجزيئات العملاقة والتي سميت بالبوليمرات (Polymers) لم يعرف بالتحديد إلا بعد عام ١٩٢٠ م.

لقد استخدم الإنسان القديم البوليمرات الطبيعية (Natural Polymers) قبل مئات القرون، فقد صنع ملابسه من القطن والصوف والحرير وجلود الحيوانات. واستخدم البوليمرات في طعامه كالزيوت النباتية (Oils) والشحوم الحيوانية (Fats) واستعمل الراتنجات الطبيعية (Natural Resins) كأصماغ ولواصق منذ آلاف السنين كالصمغ العربي (Arabic Gum) والأصماغ الحيوانية والإسفلت الذي استخدم في طلاء القوارب.

لقد صنفت البوليمرات في القرن الثامن عشر ضمن الغرويات (Colloids) لأن الحالة الغروية في ذلك الوقت كانت معروفة

بمثابة حالة مستقلة من حالات المادة إضافة إلى الحالة السائلة والصلبة، وقد كان سبب هذا الاعتقاد الخاطئ أن معظم المواد الغروية تمتاز بأوزانها الجزيئية العالية مقارنة بالمواد الأخرى البسيطة، وبقي هذا المفهوم سائداً حتى عام (١٨٨٠ م) عندما اكتشف راؤولت (Raoult) وفانت هوف (Vant Hoff) طرقاً لتعيين الوزن الجزيئي فقد عين بهذه الطرق الوزن الجزيئي للمطاط الطبيعي والنشأ ونترات السليلوز ووجد بأنها تتراوح بين (10000 – 40000). تعتبر هذه الخطوة أولى الدوافع التي أدت إلى الإعتقاد بفكرة وجود الجزيئات الكبيرة (Macromolecules). ولم يتقبل العلماء في ذلك العصر إمكانية وجود مثل هذه الأوزان الجزيئية الكبيرة واعتبروا أنها أوزان غير صحيحة وفسروا أن السبب في ذلك هو أن قانون راؤولت لا ينطبق على حالات المحاليل الغروية.

وبالتالي يمكن القول بأن من الأسباب التي دعت كيميائي ذلك العصر الى رفض فكرة الجزيئات ذات الأوزان الكبيرة :

أ) لم يكن بالإمكان وضع حد فاصل بين الجزيئات الكبيرة والمواد الغروية لذلك اعتقد البعض أن المواد البوليمرية التي سميت بالجزيئات الكبيرة هي مواد غروية لا ينطبق على محاليلها قانون راؤولت.

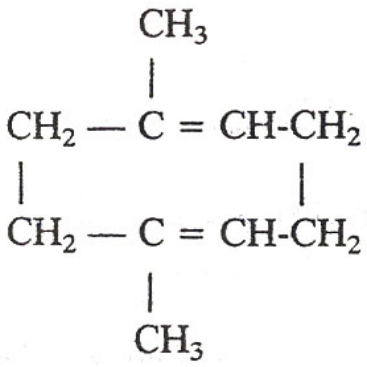
ب) فسر كبر وزنها الجزيئي على أساس تجمع فيزيائي للجزيئات الصغيرة، أي أن هذه المواد المعقدة تتركب من تجمع عدد كبير من جزيئات بسيطة في صورة مركبات متجمعة (Associated Complex) ترتبط فيها الجزيئات البسيطة بروابط الجذب الثانوية (Secondary Forces). واقترح أن حجم هذه المركبات المتجمعة تصل الى حجم الجسيمات الغروية Colloidal Particles.

فقد فسر مثلاً الوزن الجزيئي للمطاط الطبيعي، الذي عرف صيغته الوضعية منذ عام (١٨٢٦ م) (C_5H_8)، بأنه ناتج من تجمعات جزيئات الأيزوبرين (Isoprene) :

$$CH_2 = CH - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}} = CH_2$$

Isoprene (أيزوبرين)

التي أمكن عزلها من تقطير المطاط الطبيعي، إما بهيئة تراكيب مستقيمة (وحدات مفتوحة) أو على هيئة تراكيب حلقية لتكوين المادة الغروية ذات التركيب الآتي :



وبعد أن نجح بعض الكيميائيين في تحضير بعض البوليمرات مثل بولي ستيرين Polystyrene (١٨٣٩ م) وبولي (جلايكول الإيثيلين) (Poly(ethylene Glycol) (١٨٦٠ م) ومطاط الأيزوبرين (Isoprene Rubber) (١٨٧٩ م) وبفضل جهود العالم ستودنجر (Herman Staudinger) نالت فرضية الجزيئات الكبيرة (الجزيئات العملاقة) (Macromolecules) تأييد الكثير من العلماء.

ولقد اقترح ستودنجر :

- أن هذه الجزيئات العملاقة تتكون تحت ظروف خاصة من ترابط العديد من الجزيئات الصغيرة بروابط تساهمية (Covalent).
- وكان ستودنجر أول من اقترح صيغة بنائية للمطاط الطبيعي على شكل سلسلة طويلة متشابكة من وحدات المركب البسيط الأيزوبرين.

وفـي البدايـة قوبـل اقتـراح سـتودنجر لفكـرة الجزيئـات العملاقـة باعتراضات شديدة ولكن بعد التقدم الذي تم فـي تطـوير استخدام أشعة إكس فـي الكشـف عن تركيـب جزيئـات تلك المـواد المعقدة وكـذلك فـي ابتكـار طـرق جديـدة لتعيـين الأوزان الجزيئيـة تأكـد صحة اقتراح ستودنجر **ومنح هذا العالم جائزة نوبل في الكيميـاء عـام (١٩٥٣ م)** تقـديراً لـه عـن الكشـف عـن هـذه الجزيئـات العملاقة والتي عرفت فيما بعد بالبوليمرات.

ومنذ زمن ستودنجر انتشرت وتطورت الأبحاث الخاصة لدراسة البـوليمرات مـن المصـادر الطبيعيـة وكـذلك تصـنيع البـوليمرات الصناعية من كل نوع وحجم.

وقد سـاهم فـي دعـم وإثبـات فرضـية الجزيئـات الكبيـرة كـلاً مـن العالم الأمريكي **كاروثرز (Carothers) عام (١٩٢٩ م) الذي يعتبر رائداً في مجال تصنيع البوليمرات الصناعية** حيث قـام فـي عــام (١٩٢٩ م) بتحضــير النــايلون الشــهير والمعــروف باســم نايلون ٦٦ (nylon 66). وهو بوليمر :

البولـي أميد (البولـي هكسا ميثيلين أديب أميد)
poly(hexamethylene adipamide).

تعاريف أساسية

١) البوليمر Polymer

إن البوليمر (polymer) (أو ما يسمى في بعض الأحيان بالجزيء العملاق macromolecule) كلمة لاتينية تتكون من مقطعين "بولي" poly وتعني "متعدد" والمقطع "مير" mer" وتعني "الجزء" أي أنها تعني متعدد الأجزاء. وسنستخدم في هذا المقرر كلمة بوليمر بدلاً من متعدد الأجزاء للتيسير. **إن جزيئة البوليمر هي جزيئة كبيرة (لها وزن جزيئي عالي ما بين (10^6 - 10,000) تتكون من جزيئات كيميائية صغيرة مرتبطة مع بعضها بأواصر كيميائية**، فقد تكون هذه الجزيئات مرتبطة مع بعضها بشكل خطي فيدعى البوليمر بالبوليمر الخطي (linear polymer)، لاحظ الشكل (١).

وأحياناً أخرى تكون الجزيئة البوليمرية متفرعة فيدعى بالبوليمر المتفرع (branched polymer) وقد تكون الفروع في سلسلة البوليمر ذات تركيب مشطي (comb form) أو ذات تركيب سلمي (ladder form) أو ذات شكل صليبي (cruciform). وقد تختلف هذه التفرعات في أطوالها ويمثل الشكل (١) شكل تخطيطي لأنواع من البوليمرات المتفرعة وفي بعض الحالات

٢) المونومر Monomer

تدعى الجزيئة البسيطة التي تبنى منها جزيئة البوليمر بالمونومر (monomer) (أحادي الجزيء) **وتدعى عملية ارتباط هذه الجزيئات البسيطة مع بعضها بعملية البلمرة (polymerization)**. إن المونومر مركب كيميائي بسيط ذو وزن جزيئي صغير، ويتميز جزيء هذا المركب بتركيب خاص يمكنه من التفاعل مع جزيء آخر من نفس نوعه أو جزيء لمركب آخر وتحت الظروف المناسبة لتكوين سلسلة البوليمر.

$$n\ CH_2 = CH_2 \rightarrow \left[CH_2 - CH_2\right]_n$$

الأيثلين (المونمر) — بولى إيثيلين (البلمر)

٣) الوحدة التركيبية المتكررة Structural repeating Unit

تتكون سلسلة جزيء البوليمر من وحدات تركيبية (structural units) والتي تدعى أحياناً بالوحدات المتكررة (repeating units). وهذه الوحدات التركيبية تمثل الجزء التركيبي المتبقي من جزيء المونومر (أو المونومرات) بعد تفاعلها لتكوين البوليمر وتوضع صيغتها بين قوسين. وتكون هذه

الوحدات التركيبية مكافئة لجزيئة المونومر أو تنقصها ذرة أو مجموعة من الذرات.

٤) درجة البلمرة Degree of Polymerization

ويرمز لها بالرمز (DP) وهي تمثل عدد الوحدات التركيبية المتكررة في سلسلة جزيء البوليمر ويعبر عنها بالعدد (n) والتي توضع أسفل نهاية القوس الذي يحتوي على الوحدة التركيبية المتكررة. وكلما ازدادت درجة البلمرة لأي بوليمر كلما دل ذلك على أن وزنه الجزيئي كبير.

مثال توضيحي

عند بلمرة الإيثيلين ($CH_2 = CH_2$) لتكوين البولي إيثيلين (polyethylene) ذو التركيب الكيميائي $(CH_2\text{-}CH_2)_n$ حيث أن ($\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}$) تمثل الوحدة التركيبية أو المتكررة وتمثل (n) عدد الوحدات المتكررة في السلسلة البوليمرية، وتدعى عادة بدرجة البلمرة (degree of polymerization).

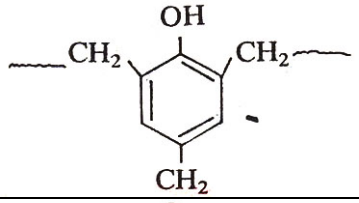
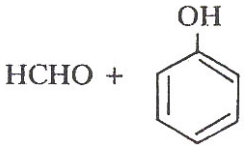
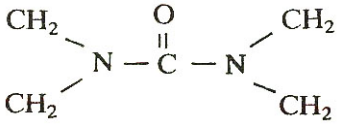
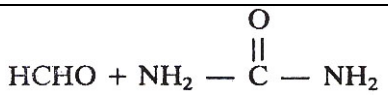
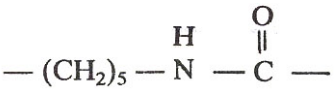
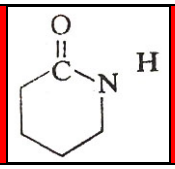
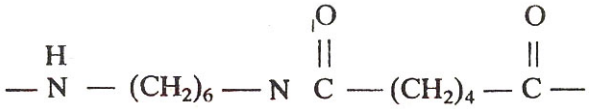
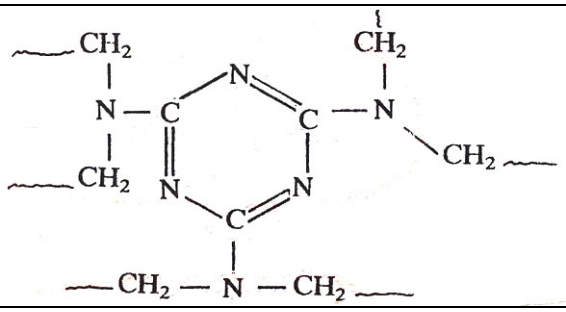
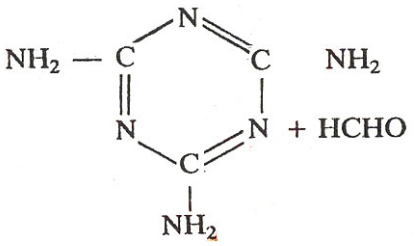
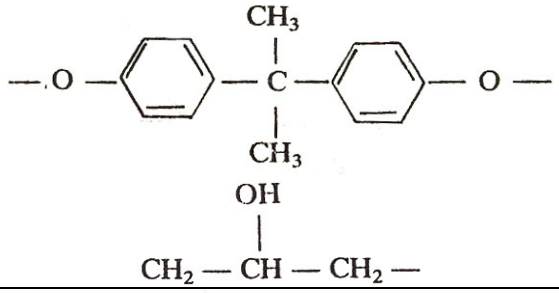
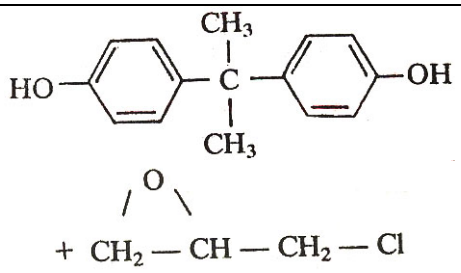
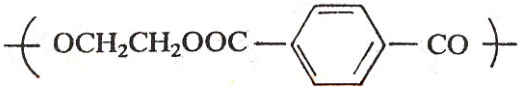
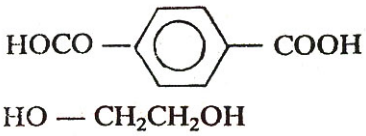
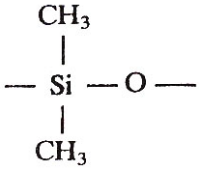
ويبين جدول (٢) وجدول (٣) بعض البوليمرات المهمة صناعياً والوحدات التركيبية فيها والمونومرات المتكونة منها.

يتباين عدد الوحدات المتكررة في سلسلة البوليمر إذ يتراوح من العشرات إلى عشرات الألوف وعندما يكون عدد الوحدات

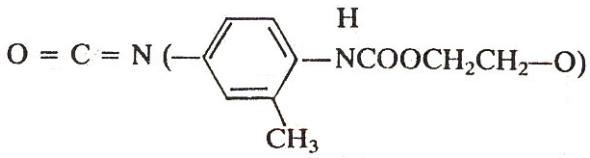
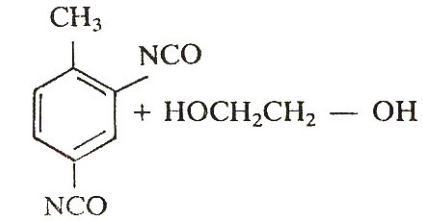
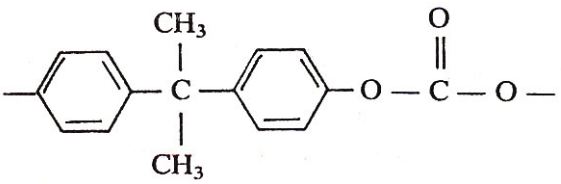
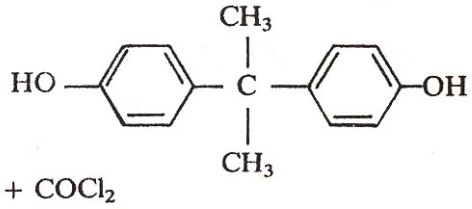
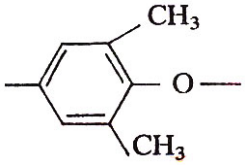
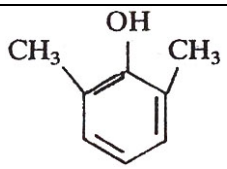
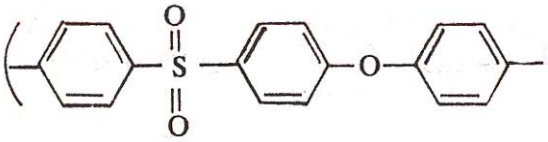
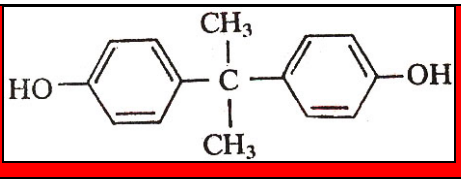
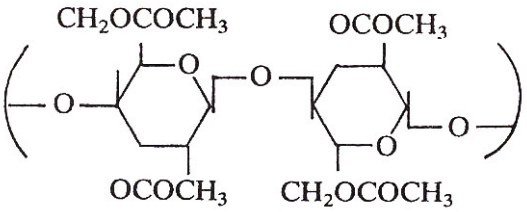
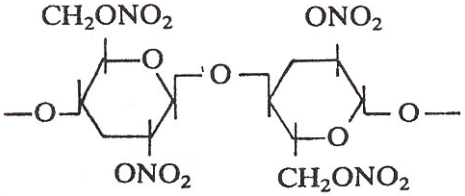
جدول (٢) : تركيب بعض بوليمرات الإضافة المهمة صناعياً والمونومرات المكونة لها

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)	$-CH_2-CH(CN)-$	$CH_2 = CHCN$
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 (٣) : تركيب بعض بوليمرات التكثيف المهمة صناعياً والمونومرات المكونة لها

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

تابع جدول (٣) : تركيب بعض بوليمرات التكثيف المهمة صناعياً والمونومرات المكونة لها

بوليمرات التكثيف	الوحدة التركيبية	تركيب المونومر أو المونومرات
بولي يوريثانات		
بولي كربونات		
بولي (أكسيد الفينيلين)		
بولي (سلفون)		
خلات السليلوز		سليلوز
نترات السليلوز		سليلوز

بنية البوليمرات
Texture of Polymers

إن البنية الهندسية (texture) للسلاسل البوليمرية تعتمد على نوع الأواصر التي تربط الذرات في السلسلة البوليمرية ولعل وجود الأيزوميرات الفراغية (stereo isomers) أي وجود تراكيب السيس (ciss) والترانس (trans)، في السلاسل البوليمرية هو أبسط مثال على ذلك، وقد تأخذ السلاسل البوليمرية وضعيات هندسية (conformations) مختلفة بسبب الدوران حول الآصرة المنفردة وخاصة عندما يكون البوليمر على هيئة محلول أو منصهر. إن إمكانية حدوث الحركة الموضعية لبعض أجزاء السلاسل البوليمرية وظهور الوضعيات الهندسية المختلفة للسلاسل البوليمرية تحدد طبيعة خواص البوليمر الفيزيائية والميكانيكية كمرونة المطاط وصلادة بعض البوليمرات الأخرى، وما تقسية المطاط (الفلكنة Vulcanisation) لغرض زيادة صلادته وتقليل مرونته إلا مثالاً لتقييد حرية حركة السلاسل البوليمرية.

إن الحركة الموضعية (local motion) للسلاسل البوليمرية تعتمد اعتماداً كلياً على درجة الحرارة. فلو تصورنا مثلاً منصهر لبوليمر معين، في المنصهر تكون السلاسل البوليمرية

حرة الحركة، ولهذا السبب يكون المنصهر بهيئة سائل لزج قابل للحركة والتنقل (mobile). ويستفاد من هذه الخاصية في تصنيع البوليمرات وذلك بتحويلها إلى منصهر بتأثير التسخين المنتظم ومن ثم ضغط المنصهر الى قوالب معينة. فعند تبريد منصهر البوليمر يأخذ البوليمر شكل القالب وتدعى هذه الطريقة من التصنيع بالقولبة (molding). وعند خفض درجة حرارة المنصهر تتقيد حرية الحركة الإنتقالية للسلاسل البوليمرية وتصبح مقتصرة على الحركة الموضعية للسلاسل كحركة بعض المجاميع المعوضة وحركة نهايات السلاسل البوليمرية. ويرافق هذه التحولات تغيرات كبيرة في صفات البوليمر الفيزيائية والميكانيكية **فيتحول البوليمر من منصهر لزج إلى منصهر صلب قوي وتدعى درجة الحرارة التي يحصل عندها هذا التغير بدرجة الإنتقال الزجاجي** (glass transition temperature) وعندما تنخفض درجة الحرارة دون درجة الانتقال الزجاجي (T_g) فتتقيد الحركة الموضعية لأجزاء السلاسل البوليمرية والمجاميع المعوضة فيتحول البوليمر إلى مادة صلدة هشة. أما عندما يكون البوليمر فوق درجة انتقاله الزجاجي فيمتاز بالمرونة.

الفصل الثاني

تسمية البوليمرات

Nomenclature of Polymers

توجد أنواع مختلفة من التسمية للبوليمرات مستخدمة في الوقت الحاضر، أنواع منها مألوفة على النطاق التجاري والأخرى في مجال العلوم الصرفة. وسنتكلم فيما يلي عن الطرق المختلفة لتسمية البوليمرات.

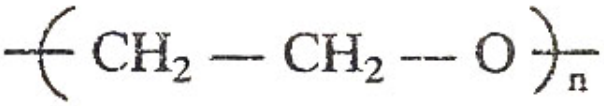
أولاً : التسمية المبنية على مصادر البوليمرات

Nomenclature Based on Sources

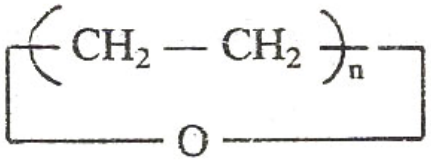
تعتبر تسمية البوليمرات نسبة الى مصادرها من أبسط طرق التسمية وأكثرها استعمالاً وخاصة لتسمية البوليمرات المحضرة من مونومر واحد. وفي هذه الطريقة يهمل ذكر المجاميع الطرفية في الجزيئة البوليمرية. إن هذا النوع من التسمية لا يشير الى طبيعة الجزيئات البوليمرية من حيث مدى تشابكها (cross linking) أو تفرعها (branching). تسمى البوليمرات حسب هذه الطريقة بإضافة مقطع بولي (poly –) قبل الإسم العلمي للمونومر المتكون منه البوليمر. فالبوليمرات المحضرة من الإيثيلين، بروبيلين، ستيرين، بيوتاداايين، تسمى

بالبولي إيثيلين، بولي بروبيلين، بولي ستيرين، بولي بيوتاداايين على التوالي.

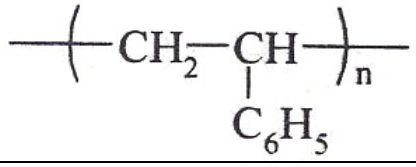
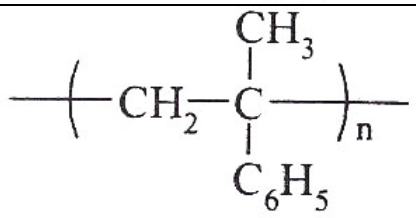
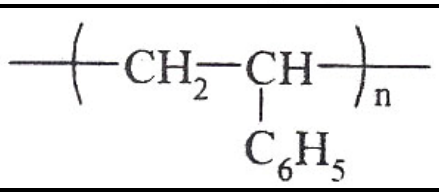
مع ملاحظة وضع اسم المونومر بين قوسين إذا كان اسماً مركباً (مكون من أكثر من مقطع واحد) أو معقداً لتفادي الارتباك الذي قد يحصل عند تسمية بعض البوليمرات، بالرغم من أن مثل هذا الغموض لا يحصل عند تسمية البوليمر باللغة العربية كما هو الحال عند تسميته باللغة الإنجليزية، فمثلاً (polyethylene oxide) باللغة الإنجليزية قد يعني أحد التركيبين التاليين :



أو



أما باللغة العربية فيكون لها اسمان متميزان كلياً حتى بدون وضع الأقواس، ولكن يجب وضع الأقواس في حالة تعدد المقاطع في اسم المونومر.

	بولي ستيرين poly styrene
	بولي (ألفا ميثيل ستايرين) poly (alpha-methylstyrene)
	بولي (كحول الفينيل) poly (vinyl alcohol)

مثال توضيحي

البوليمر المحضر من :

٦- أمينو حمض الكبرويك
(6- aminocaproic acid)

يسمى :

بولي (٦- أمينو حامض الكبرويك)
.(poly (6- aminocaproic acid)

يلاحظ مدى بساطة التسمية سواء لبوليمرات الإضافة أو لبوليمرات التكثيف المتكونة من مونومر واحد. أما في حالة تعدد المونومرات التي يحضر منها البوليمر فتصبح هذه الطريقة معقدة وغير مرغوبة بالرغم من أن البعض يقترح اتباع نفس

الطريقة السابقة وبوضع مقطع كو- (co-) بين المونومرات المتكون منها البوليمر.

مثال توضيحي

يمكن تسمية البولي استر المتكون من ايثيلين الجلايكول (ethylene glycol) وحامض التيرفثاليك (terphthalic acid) كما يلي :

بولي (إيثيلين جلايكول – كو – حامض التيرفثاليك)
poly (ethyleneglycol-co-terphthalic acid)

إلا أن تسمية بعض البوليمرات بهذه الطريقة :

١) صعبة وغير مفهومة.

٢) والصعوبة الأخرى التي تواجهها هذه الطريقة هو أن بعض البوليمرات تسمى نسبة الى مونومرات قد يبدو بأن المونومر محضر منها. إلا أنه محضر في الحقيقة من مونومرات أخرى.

مثال توضيحي

مثلاً بولي (كحول الفينيل poly (vinyl alcohol)) يبدو أنه محضر من كحول الفينيل إلا أنه في الحقيقة يحضر من خلات الفينيل لتكوين بولي (خلات الفينيل poly(vinylacetate)) ثم يجرى للبوليمر تحلل مائي لتكوين بولي (كحول الفينيل).

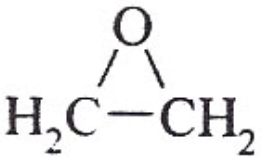
تسمية البوليمرات الناتجة عن التكثيف أو الإضافة

تتكون بعض البوليمرات من بلمرة مونومر معين بطريقة التكثيف أو أنها تتكون من بلمرة مونومر آخر بطريقة الإضافة.

أي يمكن تحضير البوليمر من مونومرين مختلفين مثال ذلك البوليمر أدناه :

$$-(O\text{-}CH_2\text{-}CH_2)_n-$$

يسمى مثل هذا البوليمر نسبة الى المونومر :



الذي يحضر منه بتفاعلات الإضافة التي تتم بطريقة فتح الحلقات (ring opening polymerization)

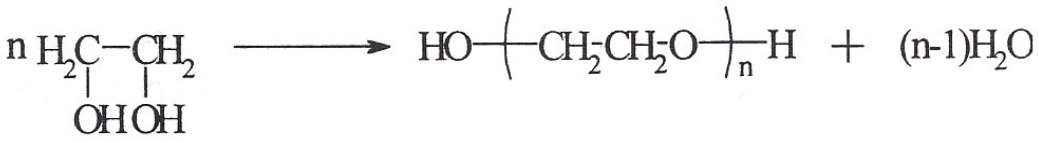
فعلى هذا الأساس يسمى :

بولي أوكسيران
(Polyoxirane)

أو

بولي (أكسيد الإيثيلين)
poly(ethylene oxide)

أمـــا عنـــد اعتبـــاره مشـــتقاً مـــن جلايكـــول الإيثيلـــين (ethylene glycol) وذلك بواسطة تفاعل التكثيف المبين أدناه :



poly(ethylene glycol)
poly (1,2-ethylene diol)

فعلى هذا الأساس يسمى البوليمر كما يلي :

بولي (جلايكول الإيثيلين)
poly (ethylene glycol)

أو

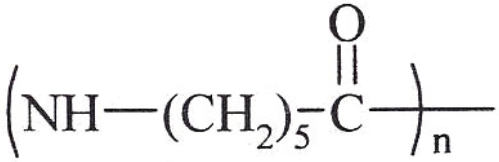
بولي (١، ٢- إيثيلين دايول)
poly (1,2- ethylenediol)

تسمية البوليمرات التكثيفية

Nomenclature of Condensation Polymers

أولاً :

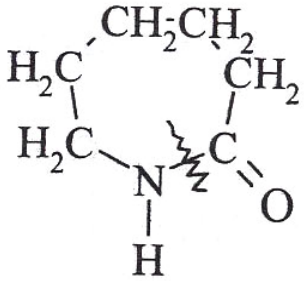
يمكن تسمية البوليمرات التكثيفية وكأنها تكونت من انفتاح بعض التراكيب الحلقية المتكونة من المونومر أو المونومرات المكونة للبوليمر. ومن الأمثلة على ذلك البوليمر ذو التركيب التالي :



بولي (ε – كابرو لاكتام).

poly-ε- caprolactam

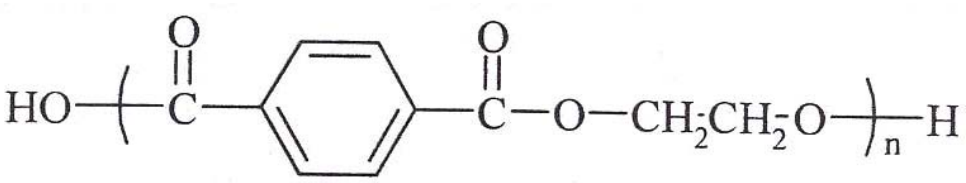
فعند تسمية هذا البوليمر يفترض بأنه ناتج من انفتاح الجزيء الحلقي التالي :



ε – كابرولاكتام

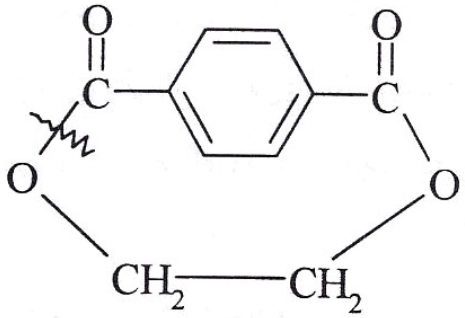
ε – caprolactam

وكذلك بالنسبة لتسمية البوليمر ذو التركيب :



بولي (تيرفثالات الإيثيلين).
poly(ethylene terphthalate)

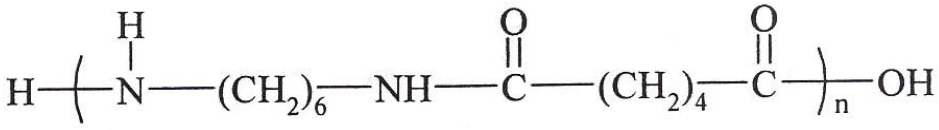
حيث يفترض عند التسمية بأن البوليمر تكون من انفتاح الإستر الحلقي (اللاكتون) ذو التركيب الآتي :



تيرفثالات الإيثيلين
ethylene terphthalate

ثانياً :

تسمى بعض البوليمرات التكثيفية الناتجة عن تكثيف مونومرين أو أكثر بذكر اسم المونومرات بعد كلمة (بولي) وبينهما المقطع كو- (co-) كما في المثال التالي :



بولي (هكسا ميثيلين ثنائي أمين) – مشترك – أديبيل كلورايد
poly (hexamethylenediamine) –co-adipylchloride

الفصل الثالث

أنواع البوليمرات وأساس تصنيفها

Types of Polymers and their Classification

أولاً : التصنيف المعتمد على مصادر البوليمرات

Classification Based on Sources

تصنف البوليمرات من حيث مصادرها الى ثلاثة أصناف رئيسية :

أ) البوليمرات الطبيعية المصدر (Natural Polymers)

وتنقسم هذه البوليمرات الى :

١) بوليمرات من مصدر عضوي (Organic)

تعتبر هذه البوليمرات منتجات طبيعية نباتية أو حيوانية ومن الأمثلة على ذلك :

السليلوز، النشأ، الصمغ العربي، القطن، المطاط الطبيعي، الحرير، البروتينات، الأحماض النيكيولية، الصوف، الشعر، الجلد، وغيرها. وتكون هذه البوليمرات غالية الثمن وذلك لصعوبة الحصول عليها لذلك فإن استخداماتها محدودة نسبياً.

٢) بوليمرات من مصادر غير عضوية (Inorganic)

مثل : الأسبستوس – الجرافيت – الزجاج.

ب) البوليمرات المحضرة صناعياً (البوليمرات الصناعية)
Synthetic Polymers

وهذه تشمل البوليمرات التي يجري تحضيرها من مركبات كيميائية بسيطة وتمثل هذه الأغلبية العظمى من البوليمرات المهمة صناعياً. وهذه تشتمل على البلاستيكات المختلفة، المطاط الصناعي، والألياف الصناعية وغيرها.

وينقسم هذا النوع الى :

١) بوليمرات عضوية

مثل البولي أستر – البولي أميد – البولي إيثيلين – البولي أكريليك – البولي كربونات – البولي بروبيلين – وغيرها.

٢) بوليمرات غير عضوية

مثل بوليمرات البولي سيليكون.

ج) البوليمرات الطبيعية المحورة (معدلة)

Modified Natural Polymers

بوليمرات معاد تصنيعها من بوليمرات طبيعية

وتشتمل هذه على بعض البوليمرات الطبيعية التي تجري عليه بعض التحويرات إما بتغيير تركيبها الكيميائي كإدخال مجاميع جديدة في البوليمر، أو تغيير تركيب بعض المجاميع الفعالة الموجودة فيه أو بتطعيم بوليمر طبيعي على بوليمر صناعي والعكس.

ومن الأمثلة على البوليمرات الطبيعية المحورة : خلات السليلوز (cellulose acetate)، نترات السليلوز (cellulose nitrate)، سليلوز مرسب (فسكوز)، سلوفان، صوف صناعي، القطن المطعم بألياف الأكريليك وغيرها.

ويمكن توضيح أهمية هذه البوليمرات بأخذ خلات السليلوز كمثال. إن السليلوز بوليمر طبيعي صعب الذوبان في معظم المذيبات العضوية ولا ينصهر لذلك، فإن تصنيعه صعب جداً بشكله الطبيعي وذلك بسبب الأواصر الهيدروجينية القوية الموجودة فيه والتي تقلل من ذوبانه وانصهاره. ولكن عند تحويل عدد من مجاميع الهيدروكسيل في كل وحدة تركيبية من السليلوز إلى استر الخلات (بحدود ثلاثة مجاميع أو أقل) فإن خلات السليلوز الناتجة تذوب في معظم المذيبات العضوية بالتالي سهولة تحويلها إلى منتوجات صناعية.

ثانياً : التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيميائية للبوليمر
Classification Based on the Chemical Nature of Polymer

تصنف البوليمرات على أساس كونها بوليمرات عضوية أو غير عضوية الى ثلاثة أصناف رئيسية :

أ) البوليمرات العضوية Organic Polymers

تحضر هذه البوليمرات من مركبات عضوية (وحدات تركيبية عضوية متكررة) أو أنها ناتجة من مصدر عضوي. وهذه أكثر البوليمرات أهمية في الصناعة في الوقت الحاضر.

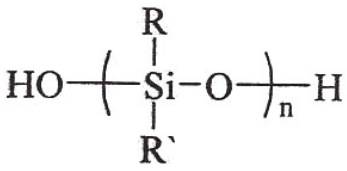
ب) البوليمرات غير العضوية (لا عضوية بحتة)
Pure Inorganic Polymers

وهذه البوليمرات تتكون عادة من مركبات غير عضوية. وتتكون سلاسلها الجزيئية البوليمرية عادة من السيليكون (-Si-) فقط أو النيتروجين (-N-) أو الفوسفور والنيتروجين معاً (-P-N-) أو البورون والنيتروجين (-B-N-).

وتمتاز مثل هذه البوليمرات بمقاومتها العالية للحرارة ولفعل المواد الكيميائية. هنالك عدد كبير من هذه البوليمرات المحضرة من مركبات الكبريت والفوسفور والسليكون والبورون. ويبين الجدول (١) تركيب بعض أنواع البوليمرات غير العضوية وبعض خواصها الفيزيائية والكيميائية.

ج) البوليمرات العضوية – غير العضوية
(Organic – Inorganic Polymers)

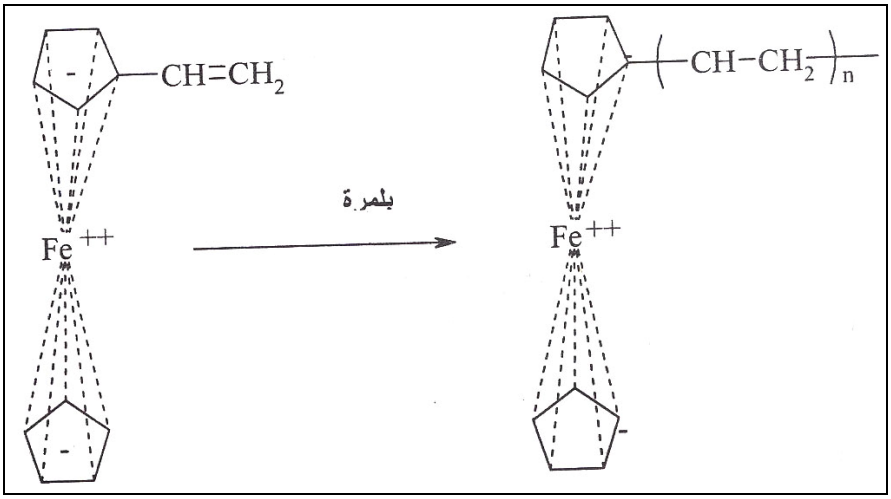
يشمل هذا الصنف على البوليمرات التي تتكون من وحدات تركيبية تحوي على بعض العناصر المعدنية إضافة إلى وجود بعض المجاميع العضوية. تمتاز هذه البوليمرات بمقاومتها الجيدة للحرارة. ومن الأمثلة على هذا الصنف بوليمرات السيليكون Silicon Polymers. وأدناه الصيغة الجزيئية للوحدة المتكررة في إحدى أنواع هذه البوليمرات :



حيث (R, R') تمثل مجاميع عضوية مختلفة.

ويمكن أن يصنف هذا النوع الى بوليمرات متضمنة ارتباطات معدنية (co-ordination polymers) ويسمى في بعض المصادر بـ (metal chelate polymers) حيث يدخل أيون معدني (metal ion) ضمن السلسلة البوليمرية العضوية بحيث تكون الرابطة بين العنصر المعدني والجزء العضوي من الجزيئة هي رابطة تناسقية (co-ordination bond). ويمكن تحضير هذا النوع من البوليمرات من بلمرة مونومرات تحتوي

على الأيون المعدني، ومن الأمثلة على ذلك المونومرات الحاوية على الفيروسين (ferrocine) كما هو مبين أدناه :



Ferrocene

ويبين الجدول (٢) بعض الأنواع الهامة من هذه البوليمرات.

ثالثاً : التصنيف التكنولوجي للبوليمرات

Classification of Polymers Based on Technological Aspects

تصنيف البوليمرات وفقاً لخواص البوليمر الناتج بالنسبة لتأثره بعملية التسخين

تصنف البوليمرات بالإعتماد على خواصها التكنولوجية واستخداماتها العملية الى الأصناف التالية :

أ) البلاستيكات المطاوعة للحرارة Thermoplastics

وهي مواد بوليمرية صلبة القوام (hard) عند درجات الحرارة العادية ولكنها تلين بالحرارة (soften) وتتحول الى ما يشبه العجينة بحيث يمكن تغيير هيئتها باليد، وإذا زيدت درجة الحرارة أكثر فإن المادة اللينة تنصهر وتسيل (تسمى ببوليمرات الثيرموبلاستيك (thermoplastic)، وهي تكون معظم البوليمرات التي تستخدم في صناعات البلاستيك والألياف الصناعية. وعند التبريد تمر المادة بجميع المراحل السابقة حيث تتصلب تدريجياً حتى تعود ثانية لتأخذ الحالة الصلبة ولهذا السبب تسمى هذه البوليمرات أحياناً بالبلاستيكات المطاوعة للحرارة (thermoplastics). وهنالك العديد من البوليمرات التجارية التي تقع ضمن هذا الصنف نذكر منها : البولي إيثيلين

(polyethylene)، البـولي سـتيرين (polystyrene)، البـولي كربونـات (polycarbonates)، البـولي (كلوريـد الفينيـل) (poly(vinylChloride)، البـولي بـروبيلين (polypropylene) وغيرها.

يتضمن هذا الصنف البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير درجة الحرارة، فبتأثير الحرارة تتحول الى منصهرات. فعندما تقترب درجة الحرارة من درجة انتقالها الزجاجية تصبح مرنة ثم تزداد مرونتها بتحوله إلى منصهرات لزجة. وعند خفض درجة حرارة المنصهر تسترجع حالتها الصلبة القوية. وتستغل هذه الخاصية في تصنيع هذا الصنف المهم من البوليمرات، ويعتبر هذا الصنف من أكثر البوليمرات أهمية صناعياً. ومن الأمثلة على بوليمرات هذا الصنف : بولي إيثيلين، بولي بروبيلين، بولي ستيرين، بولي (كلوريد الفينيل) وغيرها.

ب) البوليمرات المتصلبة حرارياً (غير المطاوعة للحرارة)
Thermosetting Polymers

ويشمل هذا الصنف البوليمرات التي لا تنصهر بالتسخين ولكن يساعد التسخين على ثباتها في شكلها النهائي (تتصلب بفعل الحرارة والضغط أثناء تحويل معاجينها الى الشكل المطلوب في

Thermoset

قوالـــــب خاصـــــة) وتســـــمى ببـــــوليمرات الثيرموســـــت (thermosetting).

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 والكهربائية. تستخدم هذه البوليمرات كمواد عازلة للحرارة والكهربائية وتدخل في العديد من الصناعات الكهربية والمنزلية. وهي تشكل البوليمرات التي تدخل في الإستخدامات الصناعية الخاصة ومن الأمثلة على هذه البوليمرات : راتنجات الفينول فورمالدهيد، راتنجات اليوريا فورمالدهيد والإيبوكسي، وبعض البولي أسترات المتشابكة وغيرها.

صفات البوليمرات المتصلبة حرارياً (غير المطاوعة للحرارة)

وتكون هذه البوليمرات :

- معقدة التركيب ومتشابكة (crosslinked) الجزيئات.
- وتمتاز بأنها صلبة القوام (hard) وعديمة الذوبان في المذيبات الشائعة.
- وذات مقاومة عالية تجاه الحرارة (غير قابلة للانصهار بفعل الحرارة).

غير موصلة للحرارة والكهرباء لذلك تستعمل في صناعة المواد والأجزاء العازلة

ج) البوليمرات المرنة المطاطية Elastomers

للبوليمرات المرنة المتمثلة بالمطاط بأنواعه صفات متميزة كالاستطالة (extensibility or elongation) بالضغط وقابليتها على التمدد والتقلص (resilience or resiliency).

إن قابلية هذا الصنف من البوليمرات لإظهار صفات المرونة تعتمد على طبيعة الجزيئات البوليمرية ذات السلاسل الطويلة المرنة الموجودة في وضعيات ملتفة على بعضها بصورة عشوائية بحيث أن معدل المسافة بين نهايتي جزيئة البوليمر أقل بكثير من المسافة عندما تكون الجزيئة في الوضعية الممتدة.

وبصورة عامة تكون درجة حرارة الإنتقال الزجاجية للبوليمرات المرنة أقل من درجة الحرارة التي تستخدم فيها حيث تكون السلاسل البوليمرية حرة في الحركة الموضعية.

وتتميز البوليمرات المرنة بانخفاض درجة انتقالها الزجاجية (T_g).

هناك أنواع مختلفة من البوليمرات مستعملة صناعياً بمثابة بوليمرات مرنة ويبين الجدول (٣) أهم هذه الأنواع من البوليمرات.

د) الألياف Fibers

وتشمل هذه البوليمرات الصالحة لصناعة الخيوط المستخدمة في صناعة الأقمشة والفرش، وتكون هذه البوليمرات عادة من النوع المتبلور (crystalline polymer) وذات قوى تماسك كبيرة بين جزيئاتها.

يتميز هذا الصنف من البوليمرات بمواصفات خاصة :

- كالقوة والمتانة.
- وقابليتها على التبلور.
- ويجب أن تكون السلاسل البوليمرية قادرة على الترتيب باتجاه محور الليف لكي تكسبه القوة والمتانة.
- ويجب أن تكون درجة انتقالها الزجاجية (T_g) مرتفعة نسبياً تقاوم ظروف الإستخدام كالغسل والكوي وغيرها.
- ويجب أن تكون السلاسل البوليمرية خطية وليست متفرعة لكي يمكنها أن تتراص باتجاه محور الليف.
- ويجب أن تكون القوى الجزيئية فيها عالية. لذلك يستوجب أن تحتوي سلاسل البوليمر على مجاميع مستقطبة قادرة على ربط سلاسل البوليمر مع بعضها.

- ويجب أن تكون هذه البوليمرات ثابتة تجاه الحرارة والضوء والأكسدة والتحلل تحت ظروف الغسل والإستخدام.
- ويجب أن تكون قادرة على تقبل الأصباغ (لها قابلية جيدة للصباغة) وذات قابلية لامتصاص الرطوبة الناتجة عن العرق لتبديد الشحنات المستقرة (Static Charges) الناتجة عن احتكاك الملابس مع الجسم.
- من مواصفاتها منع الشحنات المستقرة.

ومن أهم بوليمرات هذا الصنف :

- النايلون (البولي أميدات).
- البولي أسترات الخطية.
- بولي (أكريلو نتريل) (الألياف الأكريلية).
- البولي بروبيلين وغيرها.

هـ) اللواصق والمواد الطلائية Adhesive and Coatings

تستخدم نسبة كبيرة من البوليمرات كمواد لاصقة وكمواد طلائية. إن نوعية السطوح اللاصقة هي التي تحدد طبيعة البوليمر المناسب لالتصاقها فإذا كانت السطوح نفاذة مثل الخشب والورق فيمكن استخدام معظم أنواع البوليمرات المعروفة لأن الإلتصاق

في هذه الحالة **يكون بسبب التداخل الفيزيائي لسلاسل البوليمر اللاصق بين السطحين.**

أما إذا كانت السطوح غير نفاذة كالمعادن والزجاج وغيرها ففي هذه الحالة يجب أن يكون البوليمر حاوياً على مجاميع مستقطبة لكي تكون عملية اللصق جيدة بفضل القوى التي تحصل بين المجاميع المستقطبة والسطوح المستقطبة غير النفاذة.

ومن الأمثلة على البوليمرات المستخدمة كلواصق :

- البوليمرات الطبيعية كالصمغ العربي (arabic gum)
- والصمغ الحيواني.
- والمطاط الطبيعي
- والألبومين
- والدكسترين
- والنشأ وغيرها.

ويبين الجدول (٤) أهم أصناف البوليمرات المحضرة المستخدمة كلواصق.

وهناك أصناف أخرى من البوليمرات يعتمد تصنيفها على استخداماتها ومنها الأصماغ – الأفلام أو الرقائق البلاستيكية films – الأصباغ البلاستيكية وغيرها.

البلاستيك (اللدائن) Plastics

البلاستيك (اللدائن) Plastics عبارة عن مجموعة واسعة من المواد الصناعية، والتي تستخدم عادةً البوليمرات كمكون رئيسي. تمتاز بمجموعة واسعة من الخصائص المفيدة ، مثل كونها خفيفة الوزن ومتينة ومرنة ، إلى جانب عمليات الإنتاج الرخيصة. تصنع معظم المواد البلاستيكية الحديثة من المواد البتروكيمياوية القائمة على الوقود الأحفوري مثل الغاز الطبيعي أو البترول ؛ ومع ذلك ، تستخدم بعض المصادر المتجددة مثل مشتقات الذرة أو القطن.

للبلاستيك استخدامات عديدة في جميع أنحاء المجتمع، حيث يتم استخدام حوالي ثلث البلاستيك في التغليف ونفس الشيء تقريبًا في المباني في تطبيقات مثل الأنابيب والسباكة ، وتشمل الاستخدامات الأخرى السيارات والأثاث والادوات المنزلية ولعب الأطفال.

تسبب نجاح وهيمنة اللدائن التي بدأت في أوائل القرن العشرين مشاكل بيئية واسعة النطاق ، بسبب معدل تحللها البطيء في الانظمة البيئية الطبيعية. قرب نهاية القرن العشرين ، شجعت صناعة البلاستيك إعادة التدوير من أجل تهدئة المخاوف البيئية مع الاستمرار في إنتاج البلاستيك. يمكن العثور على التلوث البلاستيكي في جميع المسطحات المائية الرئيسية في العالم.

الخصائص والتصنيفات

يصنف البلاستيك عادة حسب:

1- التركيب الكيميائي للعمود الفقري للبوليمر the polymer's backbone والسلاسل الجانبية مثل: الأكريليك ، والبوليستر ، والبولي يوريثان ، والبلاستيك المهلجن.

acrylics, polyester, polyurethane, and halogenated plastic.

2- العملية الكيميائية المستخدمة في تحضيرها ، مثل: التكثيف او الإضافة.

3- خواصه الفيزيائية المختلفة ، مثل: الصلابة ، والكثافة ، وقوة الشد ، ومقاومة الحرارة ودرجة حرارة التحول الزجاجي.

hardness, density, tensile strength, resistance to heat and glass transition temperature.

4- الصفات ذات الصلة بالتصنيع أو تصميم المنتج. ومن الأمثلة على هذه الفئات: اللدائن المطاوعة للحرارة والمتصلبة حراريا والبوليمرات الموصلة والبلاستيك القابل للتحلل الحيوي واللدائن الهندسية.

thermoplastics and thermosets, conductive polymers, biodegradable plastics and engineering plastics

سنوضح بعض انواع هذا التصنيف:

البلاستيك الموصل Conductive polymers

عبارة عن بوليمرات عضوية توصل الكهرباء. البلاستيك يمكن أن يكون موصل للكهرباء بموصلية تصل إلى 80 kS / cm في البولي أسيتيلين الممدّد stretch-oriented polyacetylene ، إلا أنها لا تزال غير مطابقة لمعظم المعادن مثل النحاس التي لها موصلية تصل إلى عدة مئات من kS / cm ومع ذلك ، هذا مجال متطور.

بلاستيك قابل للتحلل الحيوي Biodegradable plastic

المواد البلاستيكية القابلة للتحلل هي مواد بلاستيكية تتحلل أو تتحلل عند التعرض لما يلي: أشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية أو الماء أو الرطوبة أو البكتيريا أو الإنزيمات أو كشط الرياح. في بعض الحالات ، يمكن أيضًا اعتبار هجوم القوارض أو الآفات أو الحشرات بمثابة أشكال من التحلل البيولوجي أو التدهور البيئي.

تتطلب بعض أنماط التحلل أن يتعرض البلاستيك على السطح (تحلل هوائي) ، في حين أن الأنماط الأخرى لن تكون فعالة إلا في حالة وجود ظروف معينة في أنظمة دفن النفايات أو التسميد (تحلل لاهوائي).

تنتج بعض الشركات إضافات قابلة للتحلل لتعزيز التحلل البيولوجي. يمكن إضافة مسحوق النشا للبلاستيك كمواد مالئة filler للسماح له بالتحلل بسهولة أكبر ، لكن هذا لا يزال لا يؤدي إلى التكسير الكامل للبلاستيك.

طور بعض الباحثين بكتيريا معدلة وراثيًا لتخليق مواد بلاستيكية قابلة للتحلل تمامًا ، مثل Biopol ؛ ومع ذلك ، هذه مكلفة في الوقت الحاضر.

البلاستيك الحيوي Bioplastics

في حين أن معظم البلاستيك يتم إنتاجه من البتروكيمياويات ، فإن البلاستيك الحيوي مصنوع بشكل كبير من مواد نباتية متجددة مثل: السليلوز والنشا. نظرًا للحدود المحدودة لاحتياطيات البتروكيمياويات وتهديد ظاهرة الاحتباس الحراري ، فإن تطوير البلاستيك الحيوي يعد مجالًا متناميًا growing field .

ومع ذلك ، فإن تطور البلاستيك الحيوي حتى الآن لا يقارن بشكل كبير بإنتاج البتروكيماويات. تقدر الطاقة الإنتاجية العالمية للمواد المشتقة من المواد الحيوية بـ 327000 طن / سنة. في المقابل ، قدر الإنتاج العالمي من البولي إيثيلي والبولي بروبيلين والبولي أوليفينات المشتقة من البتروكيماويات بأكثر من 150 مليون طن في عام 2015.

اللدائن الشائعة (تصنيف حسب الاستخدام الصناعي)

1- مادة البولي أميد Polyamides (النايلون) - الألياف وشعيرات فرشاة الأسنان والأنابيب وخيط الصيد وأجزاء الماكينة منخفضة القوة مثل أجزاء المحرك أو إطارات البندقية.

2- البولي كاربونات Polycarbonate - أقراص مدمجة ، ونظارات ، ودروع مكافحة الشغب ، ونوافذ الأمان ، وإشارات المرور والعدسات

3- بولي استر Polyester - الألياف ومنسوجات.

4- البولي إيثيلين Polyethylene - مجموعة واسعة من الاستخدامات غير المكلفة بما في ذلك أكياس السوبر ماركت والزجاجات البلاستيكية.

5- البولي إيثيلين عالي الكثافة High-density polyethylene - زجاجات المنظفات وأباريق الحليب والأغلفة البلاستيكية المقولبة.

6- البولي إيثيلين منخفض الكثافة Low-density polyethylene - أثاث خارجي وبلاط أرضيات وستائر دوش.

7- البولي إيثيلين تيريفثاليت Polyethylene terephthalate - زجاجات المشروبات الغازية ، علب زبدة الفول السوداني ، والأغشية البلاستيكية ، وعبوات الميكروويف.

8- مادة البولي بروبيلين Polypropylene - أغطية زجاجات وقصبة الشراب وحاويات الزبادي والأجهزة المنزلية ومصدات السيارات وأنظمة أنابيب الضغط البلاستيكية.

9- البوليسترين Polystyrene - حاويات الطعام ، وأدوات المائدة البلاستيكية ، والأكواب التي تستخدم لمرة واحدة ، والأطباق ، وأدوات المائدة ، والأقراص المدمجة CD وصناديق الكاسيت.

10- بوليسترين عالي التأثير High impact polystyrene - بطانات للثلاجة وتغليف المواد الغذائية وأكواب البيع (استخدام واحد).

11- البولي يوريثان Polyurethanes - الاسفنج الصناعي ، ورغوة عازلة للحرارة ، وصفائح طلاء الأسطح وبكرات الطباعة printing rollers .

12- البولي فينيل كلوريدPolyvinyl chloride - أنابيب السباكة والمزاريب ، وعزل الأسلاك / الكابلات الكهربائية ، وستائر الدوش ، وإطارات النوافذ والأرضيات.

13- كلوريد البولي فينيلدين Polyvinylidene chloride - تغليف أغذية مثل: ساران

14- أكريلونيتريل بوتادين ستايرين Acrylonitrile butadiene styrene - علب المعدات الإلكترونية (مثل شاشات الكمبيوتر والطابعات ولوحات المفاتيح) وأنابيب الصرف drainage pipe.

15- بولي كربونات + أكريلونيتريل بوتادين ستايرين - ينتج بلاستيكًا أقوى يستخدم في الأجزاء الداخلية والخارجية للسيارة ، وهيكل الهاتف المحمول.

مواد بلاستيكية عالية الأداء High-performance plastic

1- بولي ايبوكسيد (إيبوكسي) Polyepoxide (epoxy) - يستخدم كمواد لاصقة ، وعامل تأصيص للمكونات والشرائح الكهربائية.

2- بولي مثيل الاكريلات (الاكريليك) Polymethyl methacrylate (PMMA) (acrylic) - العدسات اللاصقة ، وموزعات الضوء الفلوريسنت ، أغطية المصابيح الخلفية للسيارات.

3- بولي تترافلوروثلين او التفلون Polytetrafluoroethylene or Teflon - طلاء مقاوم للحرارة ومنخفض الاحتكاك ، يستخدم في أشياء مثل الأسطح غير اللاصقة لأواني القلي وشريط السباكة والشرائح المائية (مثل احواض سباحة الاطفال).

4- الفينول فورمالدهيد phenol-formaldehyde - معامل عالي ، مقاوم للحرارة نسبيًا ، وبوليمر ممتاز مقاوم للحريق. تستخدم لعزل الأجزاء في التركيبات الكهربائية ، والمنتجات الورقية المصفحة (مثل Formica)، ورغوة العزل الحراري. إنه بلاستيك مصلد بالحرارة ذو لون غامق ، يحمل الاسم التجاري المألوف الباكليت .

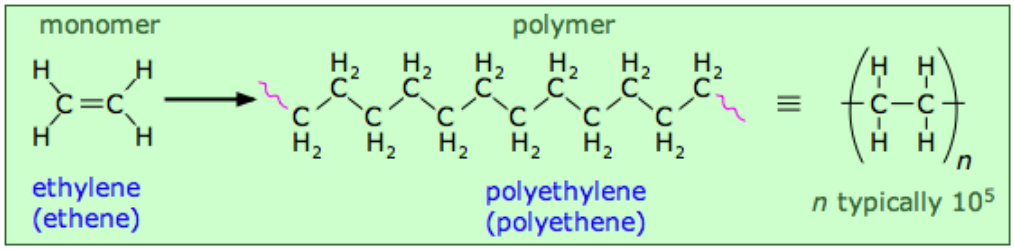
5- الميلامين فورمالدهيد Melamine-formaldehyde - يستخدم كبديل متعدد الألوان للفينول فورمالدهيد ، على سبيل المثال في القوالب (مثل لأكواب وأطباق وأوعية السيراميك للأطفال) وطبقة السطح العلوية المزخرفة لاغلفة الجدران والارضيات مثل الفورميكا.

6- اليوريا فورمالدهايد Urea-formaldehyde - يستخدم كمادة لاصقة للخشب (للخشب بكل انواعه) وأغلفة المفاتيح الكهربائية.

7- البولي إيثير إيثير كيتون Polyether ether ketone – بلاستيك مطاوع للحرارة قوي ومقاوم للمواد الكيميائية والحرارة ، يسمح التوافق البيولوجي باستخدامه في تطبيقات الزرعة الطبية medical implant، وقوالب الفضاء. من أغلى البوليمرات التجارية.

البولي إيثيلين أو البولي إيثين Polyethylene or polythene (PE)

هو البلاستيك الأكثر شيوعًا في الاستخدام في الوقت الحالي وهو من بوليمرات الاضافة ينتج من بلمرة الإيثيلين ، اعتبارًا من عام 2017 يتم إنتاج أكثر من 100 مليون طن من البولي إيثيلين سنويًا ، وهو ما يمثل 34 ٪ من إجمالي سوق البلاستيك.



خصائص البولي إيثيلين

يمكن تقسيم خواص البولي إيثيلين إلى خصائص ميكانيكية وكيميائية وكهربائية وحرارية

1- الخواص الميكانيكية / البولي إيثيلين منخفض القوة والشد والصلابة ، ولكنه يتمتع بدرجة عالية من الليونة وقوة الصدمات بالإضافة إلى احتكاك منخفض.

2- الخصائص الحرارية / يقتصر التطبيق التجاري للبولي إيثيلين على نقطة انصهاره المنخفضة مقارنةً باللدائن الحرارية الأخرى. بالنسبة للدرجات التجارية الشائعة من البولي إيثيلين متوسط وعالي الكثافة ، تكون نقطة الانصهار عادةً في حدود 120 إلى 130 درجة مئوية .

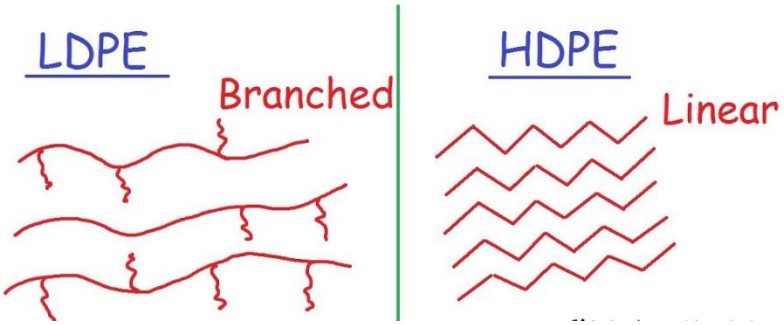
3- الخواص الكيميائية / يتكون البولي إيثيلين من هيدروكربونات غير قطبية ، مشبعة ، عالية الوزن الجزيئي. لذلك ، فإن سلوكه الكيميائي مشابه للبارافين.

نفاذية الغاز وبخار الماء (الغازات القطبية فقط) للبولي إيثيلين أقل من معظم المواد البلاستيكية . يمكن أن يصبح PE هشًا عند التعرض لأشعة الشمس. يحترق البولي إيثيلين ببطء مع لهب أزرق له طرف أصفر وينبعث منه رائحة البارافين

4- الخواص الكهربائية / البولي إيثيلين عازل كهربائي جيد.

بولي إيثيلين منخفض الكثافة وعالي الكثافة

يتم تحضير البولي إيثيلين منخفض الكثافة باستخدام ضغط مرتفع (1000-5000 ضغط جوي atm) ودرجة حرارة عالية (520 كلفن) ، بينما يتم تحضير البولي إيثيلين عالي الكثافة باستخدام ضغط منخفض (6 atm –7) ودرجة حرارة منخفضة (333–343 كلفن).



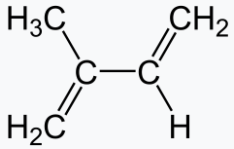
بولي إيثيلين منخفض الكثافة　　بولي إيثيلين عالي الكثافة

بوليمرات المطاط Rubber Polymers

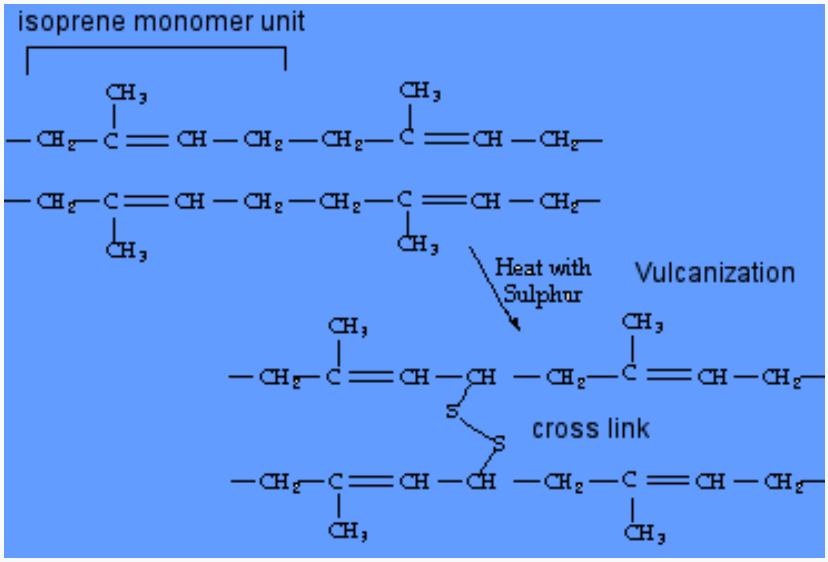
المطاط الطبيعي Natural Rubber

يعتبر المطاط مثالاً على بوليمر له القدرة على العودة إلى شكله الأصلي بعد أن يتم شده أو مطه. تنشأ الخصائص المرنة elastic properties من قدرته على تمديد السلاسل البوليمرية، ولكن عندما يتم تحرير التوتر تعود السلاسل إلى الوضع الأصلي.

المطاط الطبيعي عبارة عن بوليمر يتم الحصول عليه على شكل سائل أبيض حليبي يعرف باسم اللاتكس latex من شجرة المطاط الاستوائية. المطاط الطبيعي يتكون من مونومر أيزوبرين isoprene (2-methyl-1,3-butadiene). نظرًا لأن الأيزوبرين يحتوي على اصرتين مزدوجين ، فإنه يحتفظ بأحدهما بعد تفاعل البلمرة.



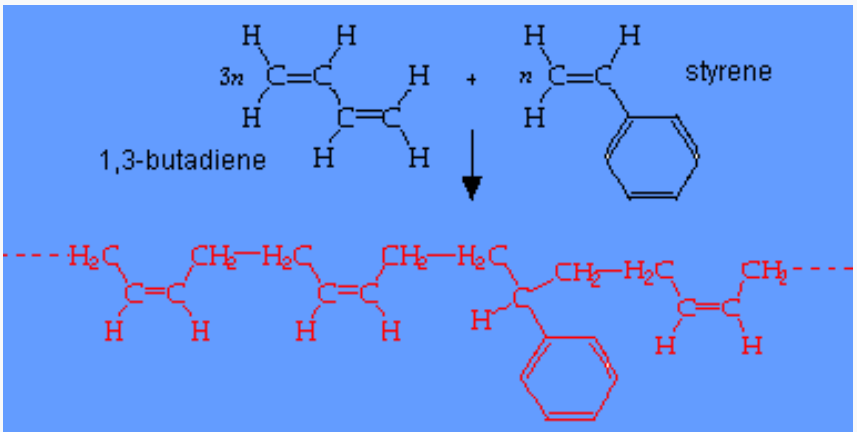
اكتشف تشارلز جوديير Charles Goodyear بالصدفة أنه من خلال خلط الكبريت والمطاط ، تحسنت خصائص المطاط لتصبح أكثر تحمل ومقاومة للحرارة والبرودة وزادت مرونتها. سميت هذه العملية فيما بعد **بالفلكنة vulcanization**. تتسبب الفلكنة في ربط سلاسل المطاط مع بعض عن طريق الكبريت.



المطاط الصناعي / ستايرين بيوتاداين Synthetic Rubber / Styrene-Butadiene (SBR)

عبارة عن بوليمرات مصنوعة عن طريق بلمرة خليط من اثنين أو أكثر من المونومرات. مثال على ذلك هو مطاط ستايرين بيوتاداين وهو عبارة عن بوليمر مشترك مكون من 3,1-بوتادين 1,3-butadiene وستايرين styrene والذي يتم خلطه بنسبة 3 إلى 1 ، على التوالي.

تم تطوير مطاط SBR خلال الحرب العالمية الثانية عندما تم قطع إمدادات المطاط الطبيعي. SBR أكثر مقاومة للتآكل والأكسدة من المطاط الطبيعي ويمكن أيضًا فلكنته.
أكثر من 40٪ من إنتاج المطاط الصناعي هو SBR ويستخدم في إنتاج الإطارات (يستخدم المطاط المفلكن vulcanized rubber في صناعة إطارات السيارات). يتم استخدام كمية صغيرة من العلكة في شكل غير مفلكن.



الألياف البوليمرية Polymer fibers

الألياف الطبيعية Natural fibers هي ألياف مصنوعة من مواد طبيعية تأتي من النباتات أو الحيوانات أو المعادن. يتم غزل المواد الخام الطبيعية في خيوط وغزول يتم نسجها أو حياكتها في أقمشة طبيعية. هناك فئتان عامتان من الألياف الطبيعية: الألياف الحيوانية و النباتية. تشمل الألياف الطبيعية المستندة إلى الحيوانات الحرير silk والصوف wool ، بينما تشمل الألياف الطبيعية النباتية القطن cotton والجوت jute.

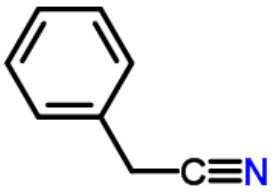
الألياف الصناعية Synthetic fibers هي ألياف مصنوعة من مواد صناعية ، وعادة ما تصنع من خلال عمليات كيميائية. تُستخرج الألياف أثناء العمليات الكيميائية باستخدام مغزل spinneret ، وهو جهاز ينتج البوليمرات بشكل الألياف. بدأت صناعة النسيج textile industry في إنشاء ألياف صناعية كبدائل أرخص وأكثر سهولة في الإنتاج واكثر مقاومة للظروف من الألياف الطبيعية.

الألياف البوليمرية Polymer fibers

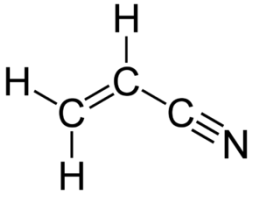
الألياف البوليمرية هي مجموعة فرعية من الألياف الصناعية ، والتي تعتمد على مواد كيميائية صناعية (غالبًا من مصادر بتروكيمياوية petrochemical) مثل:

1- **البوليستر polyester** / يتميز البوليستر بطبيعته القوية. ومع ذلك ، فإن مادة البوليستر غير قابلة للتنفس not breathable ولا تمتص السوائل جيدًا ، لذا لا ينصح بارتدائها في أشهر الصيف.

2- بوليستر أكريليك acrylic polyester ، ألياف الاكريليك هي ألياف مصنوعة من بوليمرات مكونة من أكريلونيتريل acrylonitrile أو فينيل سيانيد acrylonitrile. غالبًا ما يعتبر الأكريليك كبديل اصطناعي للصوف نتيجة لخصائصه في الاحتفاظ بالحرارة. غالبًا ما يستخدم لصنع الفراء والصوف المزيفين.



phenyl cyanide



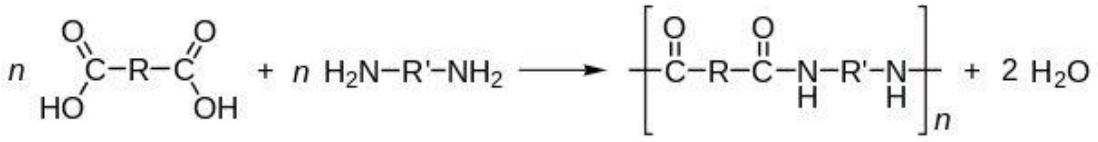
acrylonitrile

3- النايلون البولي أميد polyamide nylon

النايلون هي تسمية لعائلة من البوليميرات الصناعية التي تعرف عادة بالبولي أميدات الأليفاتية، وأول إنتاج لها كان في 1935، حيث قام والاس كاروثرز بذلك في مركز أبحاث شركة دوبون. والنايلون هو أحد أكثر البوليميرات المستخدمة شهرة. وتدخل مادة النايلون

في كثير من الصناعات وأهمها الأكياس وأغلفة الأطعمة والحقائب. ومن عائلة النايلون: نايلون-6,6 ونايلون-6 ونايلون-6,9 ونايلون-6,10 ونايلون-6,12 ونايلون-11 ونايلون-12 ونايلون-4,6

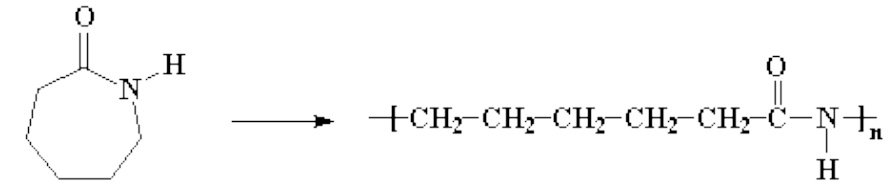
والمعادلة العامة لتصنيع النايلون:



ألياف النايلون هو ألياف صناعية قوية وخفيفة الوزن للغاية، ولديها مجموعة متنوعة من الاستخدامات، مثل القماش والحبال والأمتعة. إحدى الميزات الأساسية لنسيج النايلون هي التكلفة المنخفضة نسبيًا للتصنيع.

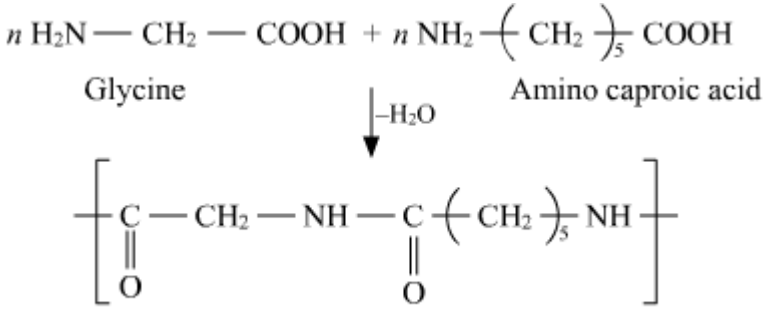
يتم إنتاج ألياف النايلون عن طريق دفع النايلون المنصهر من خلال فتحات صغيرة في جهاز يسمى المغزل. ثم تتصلب قطع النايلون في خيوط بعد تعرضها للهواء. تتشكل هذه الخيوط في البكرات وتتمدد بمجرد أن تبرد.

انواع النايلون



ε-caprolactam

nylon 6



Glycine

Amino caproic acid

Nylon-2-nylon-6

البوليمرات غير العضوية Inorganic polymers

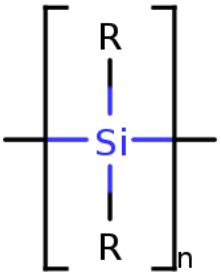
عبارة عن بوليمرات لها تركيب هيكلي skeletal structure بحيث لا يتضمن ذرات الكاربون في السلسلة الرئيسية backbone . البوليمرات التي تحتوي على مكونات عضوية وغير عضوية تسمى أحيانًا البوليمرات الهجينة hybrid polymers، ومعظم البوليمرات غير العضوية هي بوليمرات هجينة. أحد أفضل الأمثلة المعروفة هو بوليديميثيل سيلوكسان polydimethylsiloxane، المعروف باسم مطاط السيليكون silicone rubber.

تقدم البوليمرات غير العضوية بعض الخصائص غير الموجودة في البوليمرات العضوية مثل المرونة flexibility درجات الحرارة المنخفضة low-temperature ، والتوصيل الكهربائي electrical conductivity وعدم القابلية للاشتعال non-flammability .

تصنيف البوليمرات اللاعضوية اعتمادا على تركيب السلسلة الرئيسية

اولا/ بوليمرات لاعضوية متجانسة السلسلة Homo-chain

تحتوي البوليمرات اللاعضوية متجانسة السلسلة على نوع واحد فقط من الذرات في السلسلة الرئيسية. اشهر نوع من هذه البوليمرات هو بولي سيلانات Polysilanes عبارة عن بوليمرات تتكون السلسلة الرئيسية فيها من ذرات السيليكون. تمتلك هذه البوليمرات خصائص بصرية وكهربائية مميزة. وهي تستخدم بشكل رئيسي في الصناعة كبديل لكاربيد السيليكون.



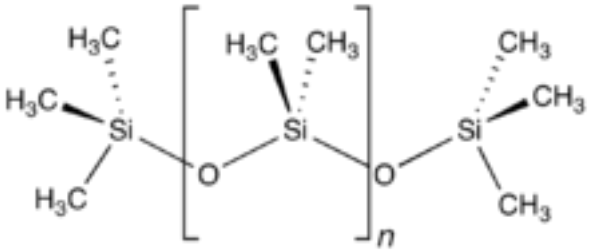
بولي سيلان ، حيث تكون R مجموعات عضوية متشابهة أو مختلفة.

ثانيا/ بوليمرات لاعضوية غير متجانسة السلسلة Hetero-chain

تحتوي البوليمرات اللاعضوية غير متجانسة السلسلة على أكثر من نوع واحد من الذرات في السلسلة الرئيسية.

1- بوليمرات لاعضوية غير متجانسة السلسلة سليكونية/

يتناوب نوعان من الذرات على طول السلسلة الرئيسية، حيث تحتوي السلسلة الرئيسية على Si و O وكما يلي (–Si – O – Si – O–) يرتبط كل Si بمجموعتين معوضتين، عادةً ميثيل أو فينيل. مثل

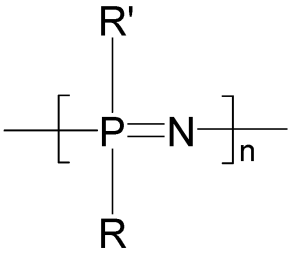


Polydimethylsiloxane (PDMS)

بوليمر ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان هو الأكثر استخداما لخصائصه غير السامة، وكونه غير قابل للاشتعال. وتتراوح تطبيقاته من العدسات اللاصقة والأجهزة الطبية إلى اللدائن. كما أنه موجود في الشامبو (يجعل الشعر لامع وناعم)، ومواد التشحيم، والبلاطات المقاومة للحرارة.

2- بوليمرات لاعضوية غير متجانسة السلسلة فسفورية/

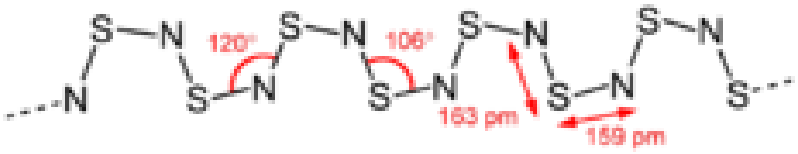
تتميز بان السلسلة الرئيسية تحتوي على P و N كما يلي (–N– P – N – P –) ويرتبط كل ذرات الفوسفور بمجموعتين معوضتين ،



متعدد الفوسفازين Polyphosphazene

3- بوليمرات لاعضوية غير متجانسة السلسلة كبريتية/

البوليثيازيل تتكون السلسلة الرئيسية من S و N كما يلي (–N– S – N – S–) على عكس معظم البوليمرات غير العضوية ، تفتقر هذه المواد إلى مجاميع معوضة على ذرات السلسلة الرئيسية.



Polythiazyl

متعدد الثيازيل Polythiazyl هو أول بوليمير لاعضوي مكتشف ذو صفات موصلة كهربائية. كما وجد أن له موصلية فائقة عند درجات حرارة منخفضة جداً. يوجد على شكل صلب له لون أصفر ذهبي إلى برونزي، وهو مستقر تجاه أوكسجين الهواء، وهو غير قابل للانحلال في جميع المذيبات.

المنظفات Detergents

لقد بقيت صناعة الصابون لمختلف مراحل التطور معتمدة على نفس الاسس والاساليب الصناعية و المواد الاولية دون تطور يذكر فيما عدا تغيرات شكلية تتعلق باضافة بعض المواد الملونة او الروائح و ما شابه. اما الخصائص الكيميائية فقد اضحت على نفس المميزات والتي تتمثل في عدم امكانية استخدام الصابون في المياه العسرة (المياه المحتوية على تراكيز عاليه من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم) كما أنه لا يقوم بالفعل التنظيفي في المحاليل الحامضية بسبب تفككه. وبعد الحرب العالميه الثانيه و بالتحديد في منتصف القرن الماضي ظهرت مواد تنظيف أخرى تدعى ألمنظفات Detergents وبدات تحل بديلا عن الصابون الى أن أنتشرت بصوره واسعه جدا في وقتنا الحاضر .

فالصابون املاح الصوديوم او البوتاسيوم للحامض الشحمي اما المنظفات فهي خليط معقد لعدة مركبات و لكل واحد منها عمل معين بالتنظيف .

المواد الاولية لصناعة المنظفات: Raw Materials

جميع أنواع المنظفات Detergents (الصلبه أو السائله) تحتوي في تركيبتها على مواد ذات فعالية سطحية Surface active agents هي ألمسؤوله عن عملية التنظيف بالاضافه الى مواد أخرى تضاف تساعد في ازالة ألأوساخ.

وفي مايأتي المواد الاولية الداخله في صناعة و تركيب إحدى خلطات المنظفات المنزلية و نسبها:

1- المواد ذات الفعاليه السطحيه Surfactant

هي المواد الاساسيه المكونه للمواد المنظفه التي تقوم بالفعل التنظيفي للمنظفات من خلال تقليل تقلل الشد السطحي للمحليل المائيه أو تلك التي بين سائلين غير قابلين للأمتزاج. و هذه الصفه التي تتميز بها هذه المواد هي المسؤله عن عملية التنظيف وازالة الاوساخ الدهنيه من السطوح يساعدها في ذلك طبيعة تركيبها الكيميائي كما سيمر ذكره في ميكانيكية عمل الصابون والمنظفات.

وخليط أي مسحوق تنظيف يحتوي على 15-20% من هذه المادة فقط.

و تصنف المواد ذات الفعاليه السطحيه إلى عدة أصناف.

أصناف المواد ذات الفعاليه السطحيه Type of Surfactant:

يمكن تصنيف المواد ذات الفعاليه السطحيه إلى ثلاثة أصناف رئيسيه حسب طبيعة الجزء المحب للماء (الهيدروفيلي Hydrophilic) وكما يأتي:

1- الأيونيه ألسالبه Anionic:

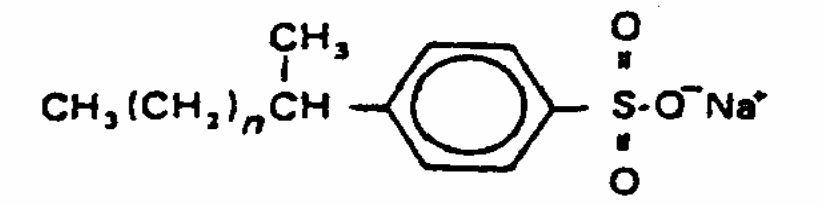
وهي مواد شبيه **بالصابون** من الناحيه الكيميائيه لأن الجزء المحب للماء (الهيدروفيلي Hydrophilic) هو أيون سالب مثال ذلك ملح الصوديوم لسلفونات الكحول اللوريلي sodium lauryl sulphonate وصيغته ألكيميائيه $CH_3(CH_2)_{11}OSO_3^-Na^+$ الذي يحضر من تفاعل الكحول اللوريلي (Lauryl Alcohol) صيغه الجزيئيه $CH_3(CH_2)_{10}CH_2OH$ مع

حامض الكبريتيك الداخن $H_2SO_4.SO_3$ أو غاز SO_3 و من ثم التعادل مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH كما في المعادلات:

$$CH_3(CH_2)_{10}CH_2OH + H_2SO_4.SO_3 \text{ ----- } CH_3(CH_2)_{10}CH_2OSO_3H$$

$$CH_3(CH_2)_{10}CH_2OSO_3H + NaOH \text{ ------ } CH_3(CH_2)_{11}OSO_3^- Na^+$$

و تقع مركبات سلفونات ألكيل ألبنزين (Alkyl Benzene Sulfonates) ضمن هذا الصنف من المنظفات أيضا.



سلفونات ألكيل ألبنزين

حيث تتراوح قيمة n = 6

ومن عيوب هذه المنظفات أن الجزء الهيدروكاربوني عندما يكون متفرع تصعب عملية تحلله الحيويه بتأثير البكتريا و بذلك لا تتحطم أو تتكسر جزيئات المنظفات بسهوله مما يؤدي الى تلوث مياه الأنهار والبحيرات عند نزول مياه الغسيل اليها وتغطى مساحاتٍ واسعه منها بالرغوة.

أما المنظفات الحديثة فقد تطورت ليصبح الجزء الهيدروكاربوني مستقيم وغير متفرع وبذلك تكون عملية التحلل الحيويه بتأثير البكتريا أسرع وأسهل

مما يؤدي الى التخلص من الاثار البيئيه الناتجه من أستخدام تلك المنظفات.

ومن المعروف أن هذا النوع من المنظِّفات هو الأفضل لغسيل الملابس ذات النسيج الماص للماء مثل القطن والصوف والحرير.

2- ألأيونيه ألموجبه Cationic:

وهي مركبات يكون فيها الجزء المحب للماء (الهيدروفيلي Hydrophilic) أيون موجب. وهذا الصنف أقل أهمية من المنظفات الأنيونية للأغراض المنزلية و النظافة العامة، إلا أن لبعضها خواص مطهره، و تستعمل في المستشفيات كما تستعمل مطريات softeners للانسجه.

يحضر هذا الصنف من المنظفات بتفاعل كلوريد الألكيل ذات الأوزان الجزيئية العالية (أي سلسله هيدروكاربونيه طويله) مع أمين ثلاثي:

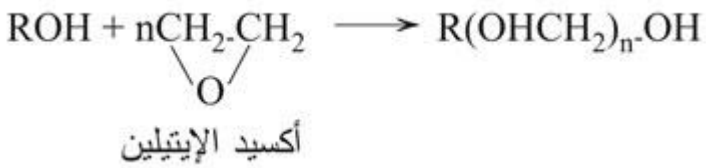
$$CH_3(CH_2)_{10}CH_2Cl + N(CH_3) \text{ -------- } CH_3(CH_2)_{10}CH_2N^+(CH_3)Cl^-$$

3- المنظفات غير الأيونية Nonionic:

هي منظفات ليس لها صفة أيونية لا موجبة ولا سالبة. وتتكون جزيئة هذا الصنف من سلسلة هدروكربونية طويلة تحمل في نهايتها مجموعة هدروكسيل OH^- يمكن لها أن تكوِن روابط هدروجينية قوية مع الماء مما يجعل قابليتها على الذوبان في الماء سهلا. وبذلك يكون لهذا النوع من

المنظفات جزء محب للماء (هيدروفيلي Hydrophilic) و جزء أخر نافر للماء (هيدروفوبك Hydrophopic).

و من أمثلة هذا الصنف متعدد الايثرات polyethers و تحظر هذه المنظفات من تفاعل الكحولات مع أوكسيد الاثلين كما في المعادله:



حيث تتراوح قيمة n بين (8-10).

و تستعمل هذه المنظفات لغسيل الأقمشه في الغسّالات الأوتوماتيكيه لضعف رغوتها، وتستعمل في المطاعم والمنازل لغسيل الصحون والأواني لضعف تأثيرها في البشرة.

2- المواد البانيه Builders

و هي مواد تزيد من كفائة الفعل التنظيفي للمواد الصابونيه و مساحيق التنظيف من خلال أرتباطها بالأيونات الذائبه في الماء فتكوِن معها معقدات ذائبه تساعد على عملية الاستحلاب Emulsification و ازالة ألأوساخ، و من أكثر المواد البنائيه استعمالا ثلاثي بولي فوسفات الصوديوم (Sodium Tripolyphosphate) صيغته الجزيئيه $Na_5P_3O_{10}$. وظيفة هذه المواد منع اعادة ترسب الاوساخ على السطوح مره ثانيه بعد عملية الغسيل، كما انها تزيل العسره من الماء بفصل أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم. وتضاف بنسبة 30-50% الى خليط المنظِّف.

3- المواد المضافه Additives

و هي مواد مختلفة الفعاليات والتأثير مثل سليكات الصوديوم (Sodium Silicates) (البودره) و مواد تمنع اعادة ترسب الاوساخ والاتربه على السطوح مثل كاربوكسي مثيل السليلوز (Carboxymethyl Cellulose) (CMC) و مواد قاصره مثل الهايبورايت (Hypochlorite Bleach) ومواد تزيد من لمعان وبريق الملابس مثل صبغة الفلورسن (Fluorescein) وتضاف الى خليط المنظِّف بنسبة 0.5-10%.

4- منظفات الرغوه Suds Regulators

منظفات الرغوه عباره عن مثبتات أو مشتات تستعمل مع المواد ذات الفعاليه السطحيه مثال لهذه المواد كحول اللوريل أو الكيل سلفيت و الحوامض الشحميه.

كما تضاف مواد أخرى للمنظفات مثل مواد مالئة بنسبة 5-25% و العطور و الالوان بنسب قليله.

تصنيع المنظفات:

مراحل التصنيع Manufacturing Stages

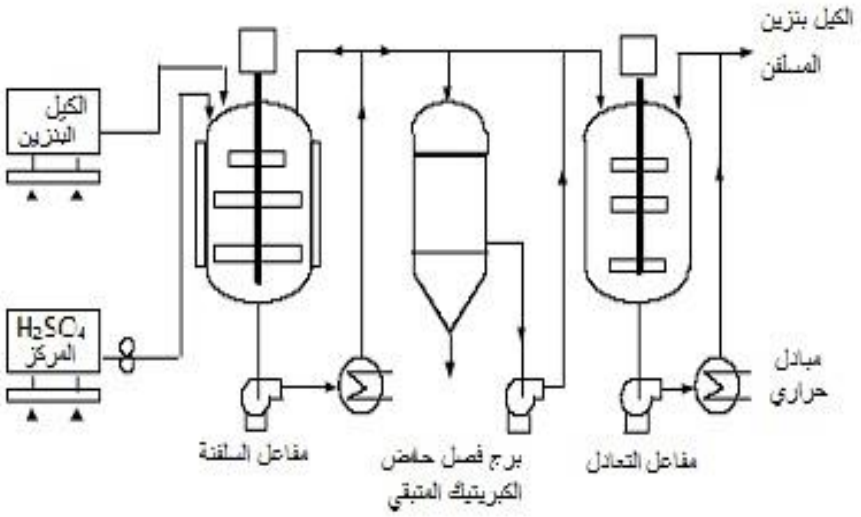
تمر عملية تصنيع المنظفات بعدة مراحل وكما يأتي:

أ- عملية السلفنه والسلفه Sulphonation and Sulphation

يدفع الكيل البنزين بأستمرار الى جهاز السلفنه (Sulphonator) مع كميه من حامض الكبريتيك الداخن بأستعمال مفاعل خاص للسيطره والحفاظ على درجة الحراره بحدود 55 م. كما يغذى جهاز السلفه (Sulphator) بالكحول الشحمي والحامض الداخن و الذي يعمل بنفس درجة الحراره. يمزج الناتجين لينتج خليط من المواد ذات الفعاليه السطحيه.

ب- عملية التعادل

تتم عملية تعادل منتوج سلفونات ألكيل البنزين و سلفات الكحول بواسطة هيدروكسيد الصوديوم ضمن درجة حرارة 50 م للحفاظ على سيولة عجينة مركبات ذات الفعاليه السطحيه.



ج- ألمزج

تمزج المركبات ذات الفعاليه السطحيه في جهاز عجن (Crutch) مع ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم وسليكات الصوديوم و المضافات الاخرى حيث تزال نسبه من الماء بسبب امتصاص جزيئات الماء من قبل الفوسفات مسببه زياده في كثافة العجينه.

$$Na_5P_3O_{10} + 6H_2O \text{ ---------- } Na_5P_3O_{10}.6H_2O$$

د- ألتجفيف و ألتعبئه:

يدفع الخليط الناتج بالضغط الى برج بارتفاع 30 متر يعاكسه هواء ساخن لتتكون حبيبات جافه بحجم وشكل مقبولين وبكثافه معينه ويمر بالمرحله الاخيره للتصنيع حيث تضاف اليها العطور ومن ثم تعبئ لغرض التسويق.

منظفات ألشامبو:

الشامبو هو أحد أنواع المنظفات، حل محل الصابون العادي في عملية الاستحمام لما يتميز به من خصائص متعددة خاصة أنه لايتأثر بطبيعة

المياه المستعملة، ولرغوته الوفيرة، هو منتج كيماوي يستخدم للعناية بتنظيف الشعر والجسم. و هو مزيج من المنظفات الأيونية لوحدها أو مزيج بينها وبين المنظفات الأمفوتيوية ، وتقدر نسبة المواد الفعالة فيه ما بين 10% و 30% و يمكن أن يضاف للشامبو مواد حافظة إضافة إلى العطور والاصباغ وبعض المواد الطبية والصيدلانية وهناك أنواع كثيره من الشامبو كل نوع حسب ألأستعمال.

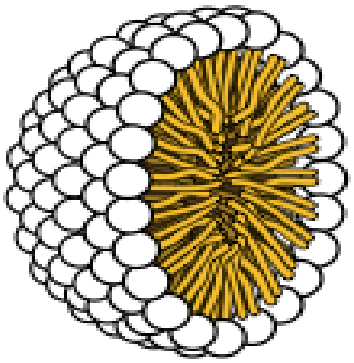
ميكانيكية عمل الصابون و ألمنظفات Action of soap and detergents :

تلتصق ألأتربة و ألأوساخ بألسطوح و المواد ألدهنية مما يصعب ازالتها بألماء فقط لعدم قابلية ألماء لأذابة المواد الدهنية لكون ألماء قطبي polar و ألمواد الدهنية غير قطبية nonpolar لذلك تستخدم المواد الصابونية و المنظفات في عملية التنظيف.

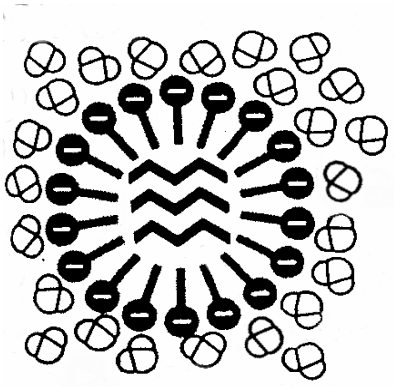
جميع المواد الصابونية soaps و المنظفات تحتوي في تركيبها على مواد ذات فعالية سطحية هي ألمسؤولة عن عملية التنظيف من خلال تقليل أو إزالة الشد السطحي بين الدهون الحاملة للأوساخ على سطوح ألملابس أو ألأواني ألمنزلية أو ألأجسام و تسهل إزالتها بألماء، يساعدها في ذلك طبيعة التركيب الكيميائي للمنظف حيث تتكون جزيئات المواد المنظفه من طرفين أو نهايتين، أيونية محبة للماء (هيدروفيلي Hydrophilic) والاخرى هيدركاربونية نافرة للماء (هيدروفيلك Hydrophopic) يمكن تمثيلها كما في الشكل (؟).

شكل (؟)

فعند ذوبان المواد الصابونية أو المنظفات في ألماء يقوم الجزء الهيدروكاربوني في ألمواد ذات فعالية سطحية، الذي يحتوي في تركيبته على (11–18) ذرة كاربون في سلسله مستقيمه أو متفرعه وقد تدخل حلقة البنزين في تركيبها ايضا، باحاطة المواد الدهنيه الحاوية على والاوساخ مكونا تشكيل كروي يسمى (ألمايسل Micell) كما في ألشكل ( ) يحتوي في داخله على المواد الدهنية.



(أ)



(ب)

ألشكل (؟) (أ) شكل المايسل بدون مواد دهنية.

(ب) شكل المايسل مع المواد ألدهنية محاط بجزيئات الماء.

أما الطرف القطبي المحب للماء فيكون محاط بجزيئات الماء مما يجعل التشكيل الكروي ألمايسل مذاب في ألماء مكونا محلول مستحلب Emulsifier بشكل غروي مشتت مذابة فيه المواد الدهنية بألماء. و نتيجة وجود الشحنة الكهربائية على نهايات جزيئات المنظف يؤدي ذلك الى تنافر كريات ألمايسل و لايمكن للمواد الدهنية عندئذ أن تتجمع مرة ثانية.

و عند تحريك تيار الماء تنجرف الكريات المذكورة (المايسل) و المواد الدهنية مع تيار ألماء وبذلك يتم التخاص منها وازالتها من السطوح.

المواد الدوائية

مسكنات الألم وخافضات الحرارة ANALGESICS AND ANTIPYRETICS

تعد المسكنات غير الأفيونية مثل الباراسيتامول والأسبرين ومضادات الالتهاب غير الستيروئيدية مناسبة لتسكين الآلام العضلية الهيكلية البسيطة، بينما تعد المسكنات الأفيونية مناسبة لتسكين الآلام المتوسطة إلى الشديدة.

المسكنات غير الأفيونية:

الأسبرين :aspirin يوصف الأسبرين لعلاج الصداع والآلام العضلية الهيكلية العابرة والحمى. يشكل التهيج المعدي مشكلة هامة لدى الأشخاص الذين يتناولون الأسبرين، ويمكن الحد من هذا التهيج بمشاركة الأسبرين مع مضادات الحموضة أو أخذ الجرعة بعد الطعام.

الباراسيتامول :paracetamol يملك الباراسيتامول فعالية مشابهة لفعالية الأسبرين في تسكين الألم ولكنه لا يملك فعالية ملحوظة مضادة للالتهاب، وهو أقل تهييجاً للمعدة لذا يفضل استخدامه على الأسبرين خاصةً لدى المرضى المسنين.

تعد الجرعات الزائدة من الباراسيتامول خطرة لأنها تؤدي إلى حدوث أذية كبدية قد لا تظهر إلا بعد 4-6 أيام.

مضادات الالتهاب غير الستيروئيدية :تستخدم هذه الأدوية لدى المرضى المصابين بأمراض مزمنة مصحوبة بالألم والالتهاب، ويستخدم بعض هذه الأدوية في العلاج قصير الأمد للآلام الخفيفة إلى المتوسطة بما فيها الآلام العضلية العابرة على الرغم من أفضلية استخدام الباراسيتامول عليها خاصةً لدى المرضى المسنين.

من الامثلة: إيبوبروفين – نابروكسين – ديكلوفيناك – حامض الميفيناميك

المسكنات الأفيونية:

تستخدم هذه المركبات لتسكين الآلام المتوسطة إلى الشديدة خاصة الآلام ،. يجب أن تتم المعالجة بالمسكنات الأفيونية تحت الإشراف الطبي.

الكودئين :codeine فعال في علاج الآلام الخفيفة إلى الشديدة إلا أنه يتسبب بحدوث إمساك شديد عند الاستخدام لمدة طويلة.

الديكستروبروبوكسيفين :dextropropoxyphen يمارس هذا المركب عند إعطائه بمفرده فعلاً مسكناً خفيفاً ويكون أقل فعالية من الكودئين، في حين أن مشاركته مع الباراسيتامول أو الأسبرين تقدم فعلاً مسكناً أقوى من كلا المسكنين على حدة.

الترامادول :tramadol وهو من المسكنات الأفيونية الحديثة، تكون الآثار الجانبية الناتجة عن الدواء أقل من الآثار الجانبية الناتجة عن غيره من المسكنات الأفيونية (حوادث الإمساك أقل، التثبيط التنفسي أقل بشكل ملحوظ، والإدمان أقل نسبياً).

المضادات الحيوية

المضاد الحيوي عبارة عن مادة أو مركب يقتل أو يثبط نمو الجراثيم، وتنتمي المضادات الحيوية إلى مجموعة أوسع من المركبات المضادة للأحياء الدقيقة، بما في ذلك الفطريات والطفيليات.

كيف تعمل المضادات الحيوية؟

تعمل المضادات الحيوية على تعطيل وظائف حيوية هامة في البكتيريا الضارة، لتقضي على البكتيريا تمامًا أو توقفها عن العمل والتكاثر بشكل طبيعي، ويساعد هذا الجهاز المناعي على مواجهة العدوى والالتهاب.

وتعمل المضادات الحيوية بآليات مختلفة، ومنها:

- ❖ تدمير جدران الخلايا البكتيرية ومنع تكونها، وهي الآلية الأكثر شيوعًا في المضادات الحيوية.
- ❖ تدمير البروتينات الموجودة في الخلايا البكتيرية وتثبيط عملها.
- ❖ تغير في تركيب أغشية الخلايا البكتيريا.
- ❖ تثبيط انقسام الحمض النووي داخل البكتيريا.

ما هي المكونات الفعالة في المضادات الحيوية؟

قد تحتوي تركيبة المضادات الحيوية على مكون نشط واحد أو أكثر Active Ingredient تبعًا للجهة المصنعة ونوع المضاد الحيوي، وعادة ما يتم ذكر المكون النشط على غلاف العبوة.

انواع المضادات الحيوية

1- البنسلينات:

البنسلين مضاد حيوي شكل اكتشافه بداية عصر المضادات الحيوية، ويعد أحد أعظم التطورات في الطب العلاجي. وقام باكتشافه العالم ألكسندر فليمنغ.

وقبل البنسلين والمضادات الحيوية لم يكن هناك علاج فعال للعدوى مثل الالتهاب الرئوي أو السيلان، وكانت المستشفيات مليئة بأشخاص أصيبوا بتسمم في الدم بعد أن خضعوا لعملية جراحية أو خدش، ولم يكن بوسع الأطباء أن يتعاملوا مع هذه الحالات، وكان يتم فقط تقديم الدعم المتاح لها ومراقبتها.

البنسلينات هي فعّالة للغاية ضد الكائنات الحية المألوفة مثل المكوّرات العنقودية والبكتيريا العنقودية، إنّ الطفح الجلدي وتفاعلات الحساسية شائعة مع البنسلين، وتتضمن المضاعفات الأخرى للبنسلين الإسهال والغثيان وآلام البطن، كما تتضمن أمثلة البنسلين ما يلي:

والبنسلين الخامس G . أموكسيسيلين، الأمبيسلين، البنسلين

2-السيفالوسبورين:

ترتبط السيفالوسبورين بالبنسلينات، كلاهما ينتمي إلى فئة أكبر تسمّى **بيتا لاكتام**، وهناك خمسة أجيال من السيفالوسبورين كل جيل يغطي أنواع مختلفة من البكتيريا؛ نتيجة لذلك يمكن للفصل علاج مجموعة متنوعة من الالتهابات، من التهاب

الحلق والبكتيريا إلى الالتهابات الخطيرة للغاية مثل التهاب السحايا، نظراً لارتباطها بالبنسلين، قد يتفاعل بعض الأشخاص الذين يعانون من حساسية البنسلين مع السيفالوسبورين، تشمل المضاعفات الجانبية الشائعة الأخرى الإسهال والغثيان وحرقة المعدة وألم البطن،

تتضمن أمثلة السيفالوسبورينات ما يلي :سيفيكسيم، سيفودوكسيم، سيفوروكسيم

3-الماكروليدات:

الماكروليدات هي فئة مختلفة تماماً من المضادات الحيوية وعن بيتا لاكتام، لكنهم يعالجون بفعالية العديد من نفس العدوى، يشمل ذلك التهابات الجهاز التنفسي والأذن والجلد والأمراض التي تُنقل بالاتصال الجنسي، لذا فهي مفيدة جداً للأشخاص الذين يعانون من الحساسية لبيتا لاكتام، كما أنها مفيدة عندما تتطوّر البكتيريا وتصبح مقاومة لمضادات حيوية بيتا لاكتام، ومع ذلك، فإن الماكروليدات لديها الكثير من التفاعلات الدوائية؛ لذلك يجب التأكد من أن الطبيب والصيدلي يعرفان جميع الأدوية عند تناول الماكروليد، تشمل الآثار الجانبية الشائعة الغثيان والقيء وآلام المعدة والإسهال، تتضمن أمثلة الماكروليدات ما يلي :أزيثروميسين، كلاريثروميسين والاريثروميسين

4-الفلوروكينولونات

ينشّط الفلوروكينولونات أو الكينولون ضد مجموعة كبيرة جداً من البكتيريا، وهذا يجعلها مفيدة في علاج الالتهابات عندما تفشل المضادات الحيوية الأخرى، كما أنها بديل عندما يعاني الناس من الحساسية تجاه المضادات الحيوية الأخرى، يمكنهم علاج أي شيء من التهابات العين إلى الالتهاب الرئوي إلى الجلد والجيوب الأنفية والتهابات المفاصل والبول أو أمراض النساء وغيرها الكثير، ومع ذلك يمكن أن يكون هذا المضاد مشكلة للأشخاص الذين يعانون من بعض أمراض القلب وبعض الأدوية الأخرى، وتشمل الآثار الجانبية الأكثر شيوعاً، اضطراب المعدة أو ألم المعدة، الإسهال، الصداع والنعاس.

تتضمن أمثلة الفلوروكينولونات ما يلي: سيبروفلوكساسين – ليفوفلوكساسين - موكسيفلوكساسين

5-السلفوناميدات:

السلفوناميدات مشتقة من موجودة منذ وجود البنسلين، من الناحية الفنية لا تقتل السلفوناميدات البكتيريا مثلما تفعل المضادات الحيوية الأخرى، وبدلاً من ذلك فهي توقّف نمو البكتيريا ويقوم الجهاز المناعي في تكملة المقاومة، كما تعتبر السلفوناميدات علاجات موضعية جيدة جداً للحروق والتهابات المهبل أو العين، يمكنهم أيضاً علاج عدوى المسالك البولية بها، ومع ذلك فإنّ المقاومة شائعة في هذه الفئة، وتشمل الآثار الجانبية الشائعة الحساسية، الإسهال والغثيان، الطفح الجلدي وحساسية الشمس

تتضمن أمثلة السلفوناميدات ما يلي: سلفاسيتاميد – سلفاديازين – سلفاميثوكسازول – تريميثوبريم

6-التتراسيكلين:

تأتي هذه المضادات الحيوية من أنواع من البكتيريا يبدو من الغريب أن البكتيريا يمكن أن تنتج ، *Streptomyces* تسمّى مضاداً حيوياً يقتل البكتيريا الأخرى، ولكن هذا صحيح لأن التتراسيكلين هي جراثيم، مثل السلفوناميدات تعالج الالتهابات المختلفة، مثل التهابات الجهاز التنفسي والجلد والأعضاء التناسلية، كما أنها تستخدم في علاج التهابات غير عادية، بما في ذلك مرض لايم، الملاريا، والجمرة الخبيثة، الكوليرا والطاعون، كما تشمل الآثار الجانبية الشائعة ألم المعدة أو اضطرابها وحساسية الشمس وعدوى الخميرة.

تتضمن أمثلة التتراسيكلين ما يلي: الدوكسيسيكلين – مينوسيكلين - التتراسيكلين