الباب الأول

مقدمة عامة عن البوليمرات

obeikandl.com

obeikandl.com

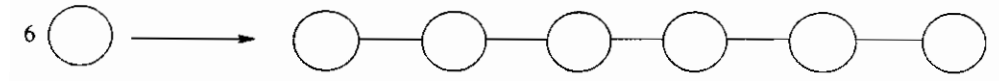
الباب الأول

مقدمة عامة عن البوليمرات

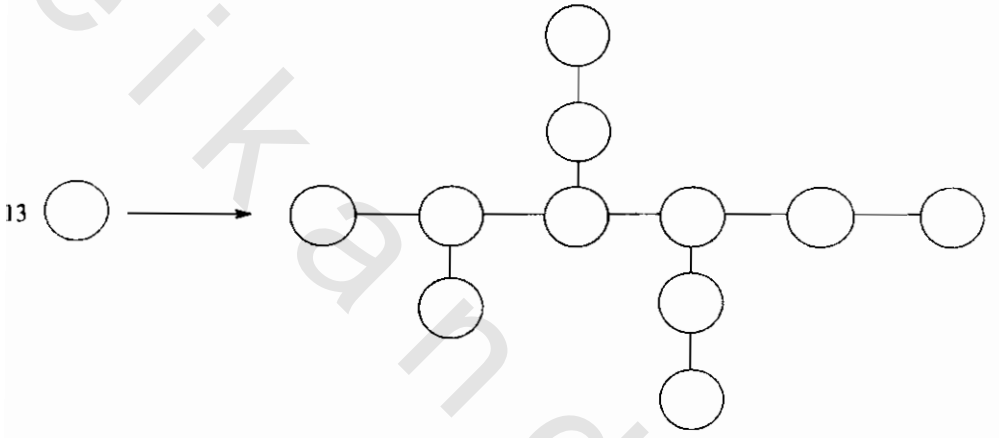
إن كلمة البوليمر لاتينية الأصل وهى مركبة من مقطعين هما (poly) وتعنى متعدد ومير (mer) وتعنى الوحدة ، لذلك ال polymer (بوليمر) تعنى متعدد الأجزاء ولغرض السهولة ستستعمل كلمة بوليمر بدلا من متعدد الأجزاء .

إن علم البوليمرات يبحث عن المواد التى تكون جزئياتها كبيرة وبوليمرية والتى تتكون عادة نتيجة لارتباط جزئيات صغيرة ببعضها كيميائياً وتسمى هذه الجزئيات الصغيرة بالمونومير (Monomer) . فالوحدة البنائية الصغيرة للبوليمر والمسماة بالمونومير يمكن أن تمثل بحلقة واحدة فى سلسلة معدنية طويلة . فالجزئية أو السلسلة البوليمرية polymer chain تنتج عن ارتباط كيميائى بين عدد كبير من الجزئيات الصغيرة والتى سميناها بالمونومرات مكونة للسلاسل البوليمرية الطويلة. ويجوز أن تكون الجزئية الناتجة متفرغة وتسمى عندئذ البوليمر بالبوليمر المتفرع Branched polymer ويشار عادة الى عدد الوحدات المتكررة Repeating units أو عدد الوحدات البنائية Structural units والتى هى فى الواقع عدد المونومرات المتحدة فى سلسلة واحدة ، يشار اليها بالمصطلح درجة البلمرة Degree of polymerization ويرمز لها D_p أو X_n وإذا كانت جزئيات البوليمر الواحد

غير متساوية جميعا فى درجة البلمرة ولذلك يعبر عن درجة البلمرة بمعـــدل درجة البلمرة ويرمز لها بـــ $\overline{D}_p$ أو $\overline{X}_n$.



البوليمر الخيطى Linear polymer



البوليمر المتفرع : Branched polymer

وتكون فى بعض الأحيان درجة البلمرة منخفضة ، وبذلك يكون الوزن الجزيئى للبوليمر قليلا ، وتتراوح درجة البلمرة هـــذه بـــين 10 الـــى 20 ، وعندئذ يطلق اسم أوليجومير Oligomer على هذا النوع من البـــوليمر. أمـــا البوليمرات الصناعية الشائعة فإن درجات بلمرتها عالية وتتراوح بين $\overline{D}_p$ = 100 للصموغ والمعاجين اللاصـــقة ، و D_p = 1000 أو أكثـــر للمطـــاط الصناعى والمواد البلاستيكية الصلبة . وعليه فإن درجة البلمرة مقياس للوزن

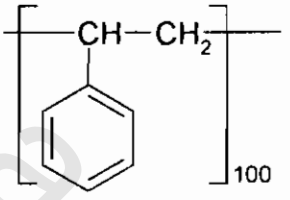
obeikandi.com

الجزيئى للبوليمر حيث يمكننا حساب الوزن الجزيئى للبـــوليمر بمعرفـــة $\overline{D}_p$ والوزن الجزيئى للمونومر باستعمال العلاقة البسيطة التالية :

الوزن الجزيئى للبوليمر = $\overline{D}_p$ × الوزن الجزيئى للوحدة المتكررة

فمثلا لو أخذنا نموذجا من البولى ستايرين polystyrene الذى له $\overline{D}_p$ = 100 فإن وزنه الجزيئى سيكون :

الوزن الجزيئى = 100 × الوزن الجزيئى للوحدة المتكررة



∴الوزن الجزيئى = 100 × 104 = 10400 ويمكننا التعبير عـــن درجـــة البلمرة بالنسبة الى عدد الجزيئات البوليمرية فـــى أيـــة لحظـــة *(N)* وعـــدد الجزئيات المونومرية عند بداية البلمرة (N_o) كما يلى :

$$\overline{D}_p = X_n = N_o / N$$

مصادر البوليمرات Polymer Sources

يمكن الحصول على البوليمرات من مصدرين أساسيين هما :

obeikandl.com

1- البوليمرات الطبيعية Natural polymers

وهى مركبات مصدرها إما نباتى أو حيوانى ، مثـــال ذلـــك الخشب والقطن والمطاط الطبيعى والأصماغ النباتيـــة والصـــوف والجلـــود والشعر والوبر والحرير الطبيعى وجميعها مركبات بوليمرية طبيعية ضرورية لحياتنا اليومية ويمكن الحصول عليها من مصادر نباتية أو حيوانيـــة ومـــن المواد الغذائية التى تعد بوليمرات طبيعية هـــى النشـــا والبـــروتين Protein والسيليلوز Cellulose .

2- البوليمرات المحضرة Synthetic polymers

وهى المـــواد البلاســـتيكية Plastics والمطـــاط Rubber والجلـــود الصناعية Synthetic Leather وأقمشة النايلون Nylons والبـــولى آســـتر Polyesters وبعض الأصباغ dyes والطلائات الواقية Coatings وغيرها . ومن هذا يتضح مدى أهمية هذا الحقل من حقول الكيمياء فى خطـــط التنميـــة وازدهار القطر صناعيا وإقتصاديا. وتدل الإحصائيات التـــى أجريـــت عـــام 1975 فى الولايات المتحدة الأمريكية أن 75% من الكيميائيين يتعاملون مع البوليمرات بصورة مباشرة أو غير مباشرة .

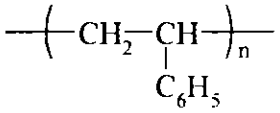
تسمية البوليمرات Polymer nomenclature

البوليمرات الخيطية البسيطة Linear chain polymers

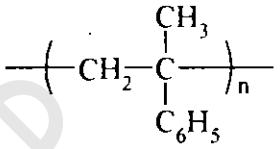
تسمى بأسماء المونومرات المكونة لها ، ويهمل ذكر المجاميع الطرفية فى الجزئية البوليمرية . إن هذا النوع من التســـمية لا يشـــير إلـــى طبيعـــة الجزئيات البوليمرية من حيث مدى تشـــابكها Cross Linking أو تفرعهـــا

Branching . وتتخلص طريقة التسمية هذه بكتابة كلمة بولى (poly) قبل الاسم العلمى للمونومير مع ملاحظة وضع اسم المونومير بين قوسين إذا كان اسما مركبا أو معقدا كما فى الأمثلة التالية :

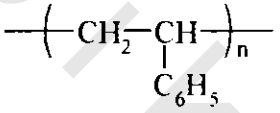
بولى ستايرين
Poly styrene



بولى (الفا ميثل ستايرين)
poly (alpha-methylstyrene)

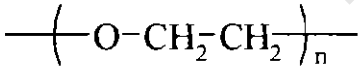


بولى (كحول الفاينيل)
Poly (vinyl alcohol)



تسمية البوليمرات الناتجة عن التكثف أو الإضافة

تتكون بعض البوليمرات من بلمرة مونومير معين بطريقة التكثف أو أنها تتكون من بلمرة مونومير آخر بطريقة الإضافة . أى يمكن تحضير البوليمر من مونومرين مختلفين مثال ذلك البوليمر أدناه :



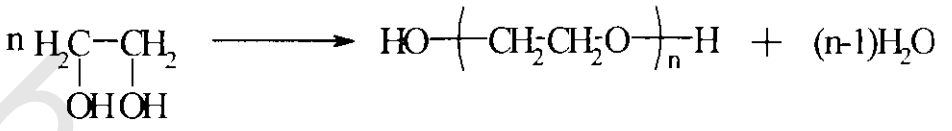
يسمى مثل هذا البوليمر نسبة الى المونومير الذى يحضر منه بتفاعلات الإضافة التى تتم بطريقة فتح الحلقات Ring opening polymerization فعلى هذا الأساس يسمى

بولى أوكسيران Polyoxirane

obeikandl.com

أو بولى (أوكسيد الايثلين) poly (ethylene oxide)

أما عند اعتباره مشتقا من جلايكول الاثيلين Ethylene glycol وذلك بواسطة تفاعل التكثف المبين أدناه :



فعلى هذا الأساس يسمى البوليمر كما يلى :

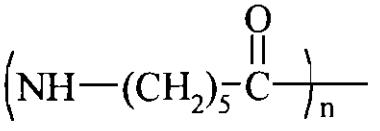
بولى (جلايكول الاثيلين) Poly (ethyleneglycol)

أو بولى (1،2-اثيلين داى أول) Poly (1,2-ethylenediol)

تسمية البوليمرات التكثفية

Nomenclature of condensation polymers

أولا: يمكن تسمية البوليمرات التكثفية وكأنها تكونت من انفتاح بعض التراكيب الحلقية المتكونة من المونومير أو المونوميرات المكونة للبوليمر ومن الأمثلة على ذلك البوليمر ذو التركيب التالى :

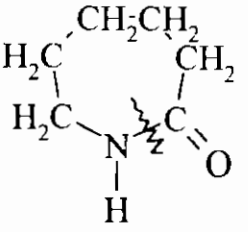


poly-ε-Caprolactam

بولى (ε-كابرو لاكتام)

obeikandl.com

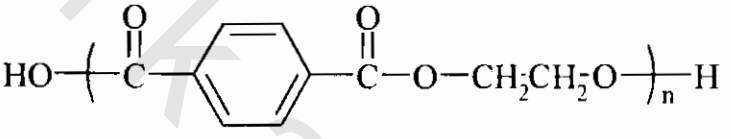
فعند تسمية هذا البوليمر يفترض بأنه ناتج من انفتاح الجزئية الحلقية ذو التركيب :



ε-Caprolactam

ε-كابرو لاكتام

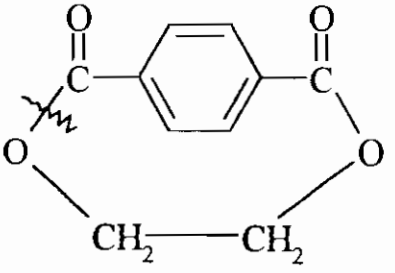
وكذلك بالنسبة لتسمية البوليمر ذو التركيب :



Poly(ethylene terphthalate)

بولى (تيرفثالات الاثيلين)

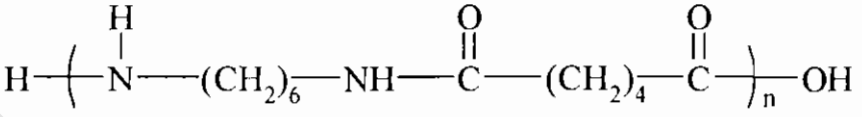
حيث يفترض عند التسمية بأن البوليمر تكون من انفتاح الاستر الحلقى (اللاكتون) ذو التركيب الآتى :



Ethylene terphthalate

تيرفثالات الاثيلين

ثانيا: تسمى بعض البوليمرات التكثفية الناتجة عن تكثف مونومرين أو أكثر بذكر اسم المونومرات بعد كلمة (بولى) وبينهما المقطع كو (CO) كما فى المثال الآتى :



بولى (هكسامثيلين ثنائى أمين)-مشترك-أديبيل كلورايد

Poly (hexamethylenediamine)-co-adipylchloride

obeikandl.com

تسمية الكوبوليمرات

Nomenclature of copolymers

1- تسمية الكوبوليمرات المتكونة عشوائيا

Nomenclature of random copolymer

تسمى البوليمرات المشتركة (الكوبوليمرات) المتكونة عشوائيا من بلمرة مونومرين أو أكثر بذكر اسم المونومرات بعد كلمة بولى وبينهما المقطع كو (Co) فمثلا يسمى الكوبوليمر المتكون من الستايرين والبيوتادايين كما يأتى :

Polystyrene-co-butadiene

بولى ستايرين-مشترك-بيوتادايين

ويسمى الكوبوليمر المتكون من مثيل اكريلات والستايرين كما يأتى :

Poly (methyl methacrylate)-co-styrene

بولى (مثيل ميثا اكريلات)-مشترك-ستايرين

ويمكن تسمية الكوبوليمر المتكون من ثلاث مونومرات أو أكثر بنفس الطريقة ، فمثلا عند تسمية الكوبوليمر المتكون من الستايرين والبيوتادايين والاكريلونتريل المعروف تجاريا بمطاط ABS ، كما يأتى :

Poly (styrene-co-butadiene-co-acrylonitrile)

بولى (ستايرين-مشترك-بيوتادايين-مشترك-اكريلونتريل)

obeikandl.com

2- تسمية الكوبوليمرات المتناوبة

Nomenclature of alternating copolymer

تسمية الكوبوليمرات المتناوبة التى تتناوب فيها المونوميرات فى السلسلة البوليمرية ، تتبع نفس الطريقة المتبعة مع الكوبوليمرات العشوائية التكوين عدا استبدال المقطع (كو) بالمقطع (ALT) من المصطلح Alternative والذى يعنى (متناوب) وتسمى هذه الطريقة بطريقة (كريسا Ceresa) فمثلا يمكن تسمية الكوبوليمر المتكون من الاثيلين وأول أوكسيد الكربون المتناوبان فى السلسلة البوليمرية كما يأتى :

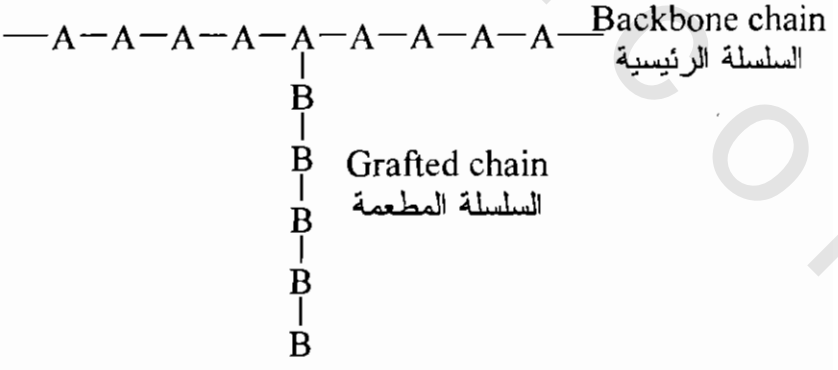
Poly(ethylene-ALT-Carbonmonoxide)

بولى (اثيلين-متناوب-أول أوكسيد الكربون)

3- تسمية الكوبوليمرات المطعمة

Nomenclature of grafted copolymers

فى الكوبوليمر المطعم الذى يتكون من مونومرين أو أكثر أحدهما يكون السلاسل البوليمرية الرئيسية والآخرون يكونون فروعا مرتبطة بالسلسلة الرئيسية كما مبين أدناه :



عند تسمية هذه الكوبوليمرات يستبدل المقطع (Co) الحرف (g) وهو أول حرف من الكلمة (graft) التى تعنى (مطعم) كما فى المثال الآتى :

Poly(styrene-g-acrylonitrile)

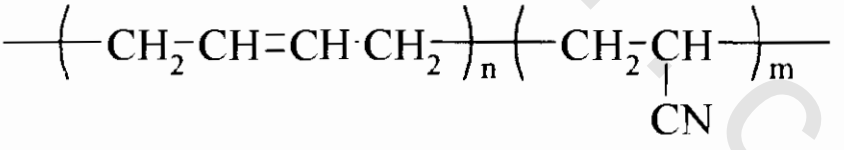
بولى(ستايرين-مطعم-أكريلونتريل)

4- تسمية الكوبوليمرات المتكتلة (بلوكية) (Block copolymers)

تتكون سلاسل هذه الكوبوليمرات من (بلوكات) كتل من المونومرات المكونة لها مرتبطة بعضها بالبعض الآخر بروابط كيميائية كما مبين فى المخطط الآتى :

—A—A—A—A—B—B—B—B—A—A—A—A—

عند تسمية هذه الكوبوليمرات يستبدل المقطع (-o-) بالحرف (b) الذى مصدره المصطلح Block فيمكن تسمية كوبوليمر متكون من بلوكات من مونومرين مثل الاكريلونتريل والبيوتادايين ذو التركيب :



كما يلى :

Poly(butadiene-b-acrylonitrile)

بولى (بيوتادايين - ب- اكريلونتريل)

التسميات العامة والتجارية :

Common and commercial names

تسمى بعض البوليمرات بأسماء عامة وتجارية للسهولى فمثلا يطلق على البولى اميدات بالنايلون ويشار عادة الى عدد ذرات الكربون فى الحامض والأمين المكونة للبولى أميدات بأرقام تلى كلمة النايلون فمثلا النايلون-6 يعنى بأن البوليمر متكون من الكابرو لاكتام والنايلون-66 متكون من حامض الاديبيك Adipic acid $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ وهيكسامثيلين داى أمين Hexamethylenediamine $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$

ويطلق على بولى (كلوريد الفاينيل) الاسم PVC وعلى بولى (رباعى – فلورواثيلين) التفلون Teflon .

التسميات الكيميائية حسب النظام العالمى للتسمية IUPAC

نظرا لتعقيد التراكيب الكيميائية لبعض البوليمرات فقد وضعت المنظمة المعروفة بالاتحاد الدولى للكيمياء الصرفة والتطبيقية IUPAC عام 1974 نظاما علميا خاصا بتسمية البوليمرات أسوة بالنظام الخاص بتسمية المركبات العضوية الأخرى

فى هذه الطريقة من التسمية يتم اختيار الوحدة المتكررة Repeating unit فى سلسلة البوليمر ويتبع قواعد خاصة فى تسمية الوحدة المتكررة منها:

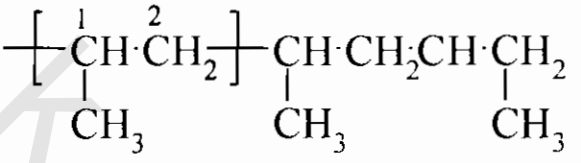
أ- أن تحتل المجاميع المعوضة (إن وجدت) أصغر المواقع ترقيما .

ب- إذا كانت فى السلسلة البوليمرية ذرات غير الكربون مثل الأوكسجين والنتروجين والكبريت وغيرها فيجب أن تعطى هذه الذرات الأولوية

فى ترقيم ذرات الوحدات المتكررة ، ولكى يمكن تسمية الوحدة المتكررة بمقطع واحد وفى حالة وجود أكثر من نوع من هذه الذرات فى السلسلة الرئيسية فتكون الأفضلية فى الترقيم كما يأتى :

Bi, B, As, P, N, Te, Se, S, O .... الخ

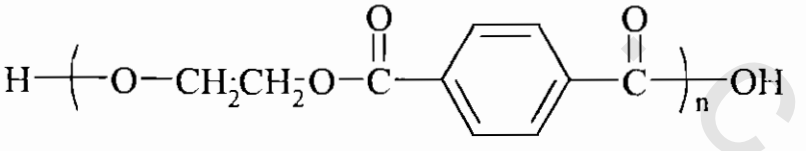
ويتم تحديد مواقع المجاميع المعوضة فى الوحدة المتكررة من خلال ترقيم الوحدة المتكررة متبعا نفس الأسس المعمول بها عند تسمية المركبات العضوية ، فعلى هذا الأساس تتم تسمية البوليمر الآتى :



بولى (1-مثيل- اثيلين)

Poly(1-methylethylene)

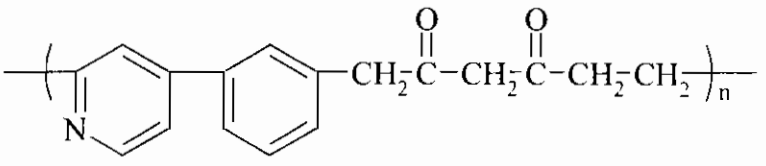
ويمكن تسمية بولى (تيرفثالات الاثيلين) Poly(ethyleneterphthalate) حسب هذه الطريقة كما يلى :



Poly(oxy-ethylene-oxy-terphthaloyl)

بولى (أوكسى اثيلين – أوكسى – تيرفثالويل)

وبهذه الطريقة تسمى البوليمرات ذات التركيب المعقد كالبوليمر أدناه :



Poly {2,4-pyridinyl-[4-(2-chloroethyl)-(1,3-phenylene]-(2,4-dioxo-hexamethylene)}

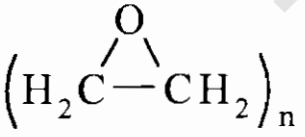
بولى (2،4-بيريدنيل[4-(2-كلوروإيثيل-(1،3-فنيلين]-[2،4-داى أوكسى - هكسامثيلين)

وبشكل عام فهناك نقطتان مهمتان جديرتان بالاهتمام ، الأولى تخص استعمال الأقواس عند تسمية البوليمرات وخاصة فى حالة وجود أسماء متكونة من أكثر من مقطع واحد ، فعند تسمية البوليمر :

بولى أوكسيد الاثيلين Polyethyleneoxide $-(-CH_2-CH_2-O-)_n$

أو بولى (أوكسيد الاثيلين)Poly (ethyleneoxide)

فإن التسمية الأولى – بدون استخدام الأقواس – قد لا تعنى البوليمر المعنى ، بل تعنى البوليمر ذو التركيب التالى :



والنقطة الأخرى الجديرة بالملاحظة هى الإرتباك الحاصل من استخدام الأسماء المختصرة للدلالة على أسماء البوليمرات ، فمثلا قد يعبر عن البولى ستايرين بالرمز (PS) ولكن هذا الرمز قد يعنى بولى سلفونات (PS) أو قد

يعنى بولى سايلوكسان Polysiloxanes (PS) ... وغيرها لذلك يفضل تجنب استخدام الأسماء المختصرة فى الكتابات العلمية .

العوامل المحددة لصفات البوليمر

Factors affecting polymer properties

هناك ثلاثة عوامل مهمة تتوقف عليها صفات البوليمرات وهى :

الوزن الجزيئى للبوليمر : Molecular weight of polymer

إن المركبات العضوية العادية لا تصلح أن تكون مادة بنائية للأجسام النباتية أو الحيوانية لأنها لا تتحمل الضغط وهى عديمة التماسك أو قليلة! وغالباً ما تكون هشة القوام Brittle ، أما الأجسام المصنوعة من المواد البوليمرية فتمتاز بالمتانة والمقاومة والدوام . فالجزئيات البوليمرية طويلة السلاسل وكبيرة الحجم وبعضها متفرع Branched أو متشابك Crosslinked الأمر الذى يزيد من صلابتها ومقاومتها كما أن باستطاعة الجزئيات البوليمرية الامتداد وإملاء الفراغ فى اتجاه الاحداثيات الثلاث كما أن المركبات البوليمرية تكون مقاومة للذوبان فى المذيبات بسبب أوزانها الجزيئية العالية .

طبيعة السلسلة الجزيئية البوليمرية

ويقصد بطبيعة الجزئية تركيب الوحدات المتكررة وهندستها ونوعية المجاميع العضوية والأواصر الكيميائية التى تتضمنها الوحدة المتكررة . كل

ذلك يؤثر فى الصفات الفيزيائية والكيميائية للمركب بشكل عام ، وعلى سبيل المثال نقول أن البوليمرات التى تحتوى على مركبات حلقية فى وحداتها المتكررة تكون عادة ذات درجات انصهار عالية ، أو أن البوليمرات التى تحتوى على الرابطة الايثرية C–O–C Ether linkage تمنح المادة قابلية المرونة Elasticity وسهولة اللوى Flexibility دون أن تنقطع ، مثل خيوط الأقمشة وكذلك مادة المطاط . أن طبيعة الجزئية البوليمرية هذه ونوعية المجاميع الكيميائية المرتبطة بها تؤثر على مدى قابلية الجزئيات فى تكوين التراكيب المتبلورة Crystalline structures

القوى الجزيئية Molecular Forces

القوى الجزيئية تصنف الى نوعين :

القوى الضمنية : أى قوى تعمل ضمن الجزيئة نفسها وتسمى (Intramolecular forces)

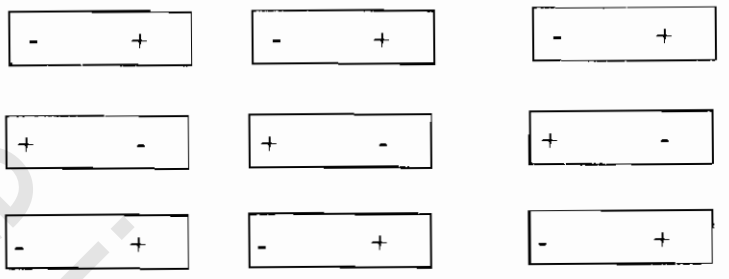
القوى المؤثرة بين الجزئيات : وتسمى كما أسلفنا قبل قليل بـ Intermolecular forces وهى تؤثر بين الجزئيات المتجمعة للمادة الواحدة أو للمواد المختلفة ، أى أن الجزيئة الواحدة تتأثر بما يحيط بها من جزئيات أخرى وتؤثر هى بدورها عليها ، وهى انواع مختلفة كما يأتى :-

1- تأثير الأقطاب بين الجزئيات Dipole effect :

يظهر هذا التأثير فى الجزئيات القطبية بصورة خاصة مثل كلوريد الاثيل $CH_3–CH_2^{\delta+}Cl^{\delta-}$ حيث تكون الجزئيات مستقطبة بسبب تكوين الشحنات الجزئية الضعيفة Partial charges والناتجة عن اختلاف ذرة

obeikandl.com

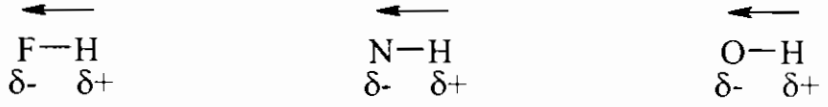
الكلور والكربون فى قابلية جذب الالكترونات . ولذا فإن الجزئيات المستقطبة تترتب فيما بينها بحيث أن النهايات المختلفة فى الشحنة تكون متقاربة والنهايات المتشابهة الشحنة متباعدة ، مثال ذلك جزئيات كلوريد الاثيل الممثلة بالمستطيلات كما يلى :



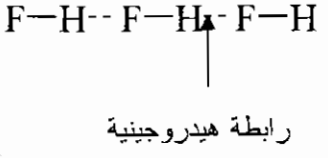
إن الترتيب المرسوم أعلاه يقلل من الطاقة الكلية للجزئيات ويزيد من ثباتها . ونتيجة لتجاذب الأقطاب المختلفة بين جزئيات المركب القطبى تكون درجات انصهارها ودرجات غليانها عاليتين إذا ما قورنت بالمركبات غير القطبية المقاربة بها بالوزن الجزيئى. والجدير بالذكر أن بعض محاليل البوليمرات لا تترسب فى درجات حرارة الغرفة الاعتيادية بسبب هذه القوى الأيونية التى تماسك الجزئيات بعضها بالبعض الأخر . وعند تسخين محاليل هذه البوليمرات الى درجة حرارة أعلى ، يلاحظ أنها تترسب بسبب تفكيك قوى التجاذب الأيونية المسببة للتماسك وإزالة التنظيم الموجود .

2- الرابطة الهيدروجينية Hydrogen bonding :

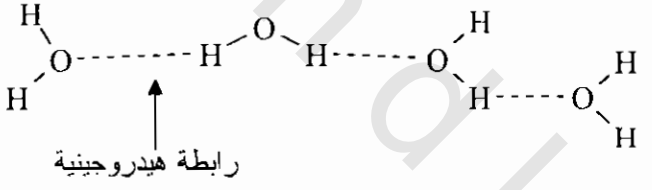
تتكون الرابطة الهيدروجينية فى المركبات التى تحتوى جزيئاتها على مجاميع الهيدروكسيل (OH) أو NH أو HF . وتكون هذه المجاميع قوية الاستقطاب بفضل السالبية الكهربية العالية لذرات الأوكسجين والنيتروجين والفلور حيث تستقطب ذرة الهيدروجين جزئيا كما يأتى :



تؤثر الروابط المستقطبة هذه على الجزئية بكاملها حيث تصبح الأخيرة مستقطبة . ففى فلوريد الهيدروجين يلاحظ وجود تجاذب بين جزيئة وأخرى بفعل الرابطة الهيدروجينية . ويبلغ مقدار هذا التجاذب حوالى (5) كيلو سعر للمول الواحد وهى طاقة الرابطة الهيدروجينية وتمثل بشكل منقط لتمييزها عن الرابطة العادية .



وبالطريقة نفسها تستطيع جزيئات الماء أو الكحول من تكوين الروابط الهيدروجينية كما يأتى :



3- الاستقطاب بواسطة الحث Induced dipole :

عندما تخلط مادتان إحداهما قطبية والأخرى غير قطبية فإن الجزيئة القطبية تستطيع استقطاب الجزئيات غير القطبية الواقعة حولها بطريقة الحث. إن هذه الظاهرة هى المسؤلة عن ذوبان اليود فى الكروروفورم على سبيل المثال. إن الكلوروفورم مادة قطبية الى حد ما وتقوم باستقطاب جزيئات اليود

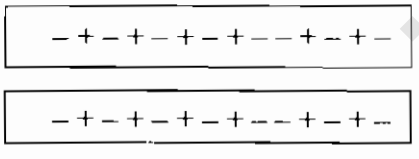
المحيطة بها وبذلك يذوب اليود فى الكلوروفورم . إن اليود أحد العناصر ذات الذرات الكبيرة فى الحجم ، ولذلك فإن ذرته لها قابلية كبيرة على الاستقطاب بالحث حجمها الكبير ، بينما الذرات الصغيرة الحجم صعبة الاستقطاب بالحث (Induction) .

4- قوى فان درفال Vander waals forces

يمكن تقسيم هذه القوى الى نوعين هما :

1- قوى فان ردفال للجذب Vander waals attraction forces

وتسمى أحيانا بقوى لندن London forces وأحيانا بقوى الانتشار Dispersion forces . وتنشأ هذه القوى عن تجاذب الجزئيات فيما بينها بسبب تكوين أقطاب كهربائية مؤقتة على الجزئيات . تنشأ الأقطاب المشحونة والوقتية هذه عن دوران الالكترونات المستمر حول النواة والتى تؤدى الى تكوين قطبين مختلفين فى الشحنة بشكل مؤقت لا يلبث أن يزول لتتكون أقطاب جديدة فى مواقع أخرى من الجزيئة . والأقطاب المتكونة هذه والمؤقتة بدورها تستقطب ما يجاورها من الجزيئات بطريقة الحث كما فى الشكل أدناه:



2- قوى فان درفال للتنافر Vander waals repulsion forces

إن الذرات والجزيئات باعتبارها جسيمات صغيرة لها كتل ، ولذلك فهى تخضع لقانون نيوتن الخاص بالجذب ، فتوجد بين الذرات والجزيئات

المختلفة قوى للتجاذب ، تزداد بزيادة التقارب بينها فـــى المســـافات ، إلا أن العالم فان درفال بين أن الجزئيات والذرات تتقارب فى حدود معينة بحيث تصل الى حد يصبح أى تقارب إضافى يؤدى الى تنافر ، وذلك بسبب تنافر النوى الموجبة للذرات . إن نصف قطر الدائرة المحيطة بالذرة والتـــى عندها يبدأ التنافر بين الذرات المتقاربة تدعى بنصـــف قطـــر فـــان درفـــال (Vander waals's radius) . عند تقارب الذرات من بعضها بحيث تتعـــدى أنصاف أقطار فان درفال يحدث تنافرا يدعى (بقوى فان درفال للتنافر) .

obeikandl.com

الأسئلة

1- أكتب الصيغة الجزيئية للوحدات التركيبية المتكررة للبوليمرات التالية: البولى اثيلين ، بولى (كلوريد الفاينيل) ، بولى ستايرين ، بولى (مثيل – ميثااكريلات) ، نايلون 106 ، نايلون 66 ، بولى (تيرفثالات البيوتلين) ، بولى (فثالات الفنيلين) ، بولى (كلوروبرين)

2- عند بلمرة 0.5 مول من الكابرولاكتام وبعد نصف ساعة من التفاعل وجد أن عدد مولات البوليمر فى مزيج التفاعل تساوى 0.1 مول أوجد درجة البلمرة عند هذه المرحلة من التفاعل ثم احسب الوزن الجزيئى للبوليمر المتكون .

3- كيف تختلف الجزئيات البوليمرية الكبيرة عن الغرويات

4- عند بلمرة الاثيلين مع البروبلين للحصول على كوبوليمر . سم الكوبوليمر الناتج إذا كان :

أ- اعتباطيا Random copolymer

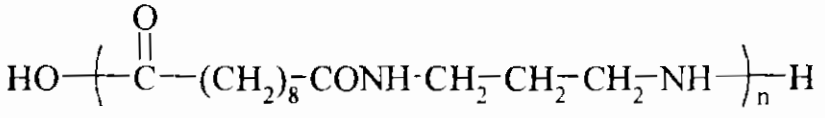
ب- كوبوليمر مطعم Alternative copolymer

ج- كوبوليمر مطعم Graft copolymer

د- كوبوليمر بلوكى Block copolymer

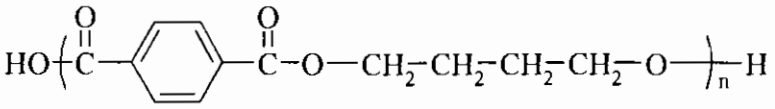
5- اذكر اسم البوليمرات التالية معتمدا على التركيب الكيميائى للبوليمر :

أ-

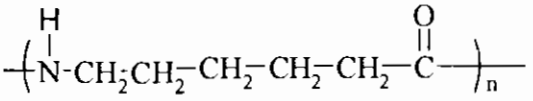


openkanal.com

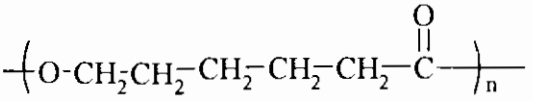
ب-



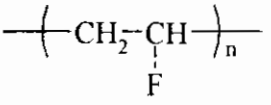
ج-



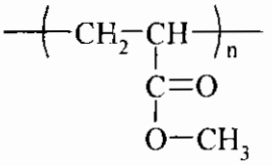
د-



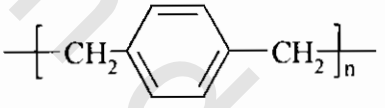
ه-



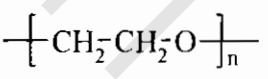
و-



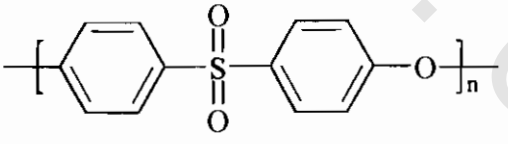
ز-



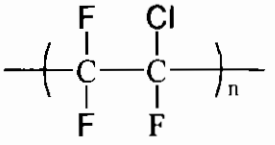
ح-



ط-

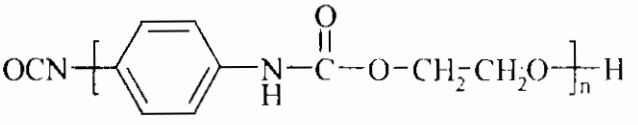


ي-

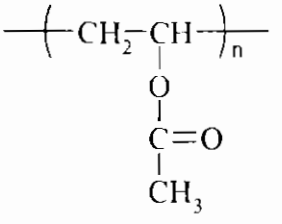


obeikandl.com

ك-



ل-



م-

6- اذكر اسم البوليمرات المذكورة فى السؤال الخامس بطريقة IUPAC

7- ما هى الأسماء التجارية المألوفة للبوليمرات : أ ، ب ، جـ ، د ، و ، ط ، ل ، ن من السؤال الخامس .

8- رتب البوليمرات التالية حسب طاقة التماسك المتوقعة مستندا على التركيب الكيميائي للبوليمر وبين الأساس الذى اعتمد عليه فى الترتيب .

9- كيف تعلل الظاهرة التالية : أن بولى (اكريلونايتريل) يتفكك قبل أن ينصهر .

10- درجة انصهار بولى (كحول الفاينيل) أعلى من درجة انصهار بولى (كلوريد الفاينيل) كيف تفسر ذلك .

11- أن طاقة التماسك فى النايلون 66 أعلى من طاقة تماسك بولى تيرفثالات الاثيلين بين لماذا ؟