المحاضرة الاولى

الكيمياء الصناعية (البوليمرات)

مقدمة

البوليمرات هي جزء لا يتجزأ من حياتنا اليومية، فهي تدخل في صناعة العديد من المنتجات التي نستخدمها، من البلاستيك والألياف الصناعية إلى الأدوية والمواد الطبية. قبل أن يفكر الإنسان في صنع البوليمرات، كانت الطبيعة تصنعها منذ ملايين السنين .فالبروتينات (proteins)، والحمض النووي(DNA) ، والنشا(starch) ، والسلولوز (cellulose) هي كلها أمثلة على **البوليمرات الطبيعية** (natural polymers)التي تشكل أساس الحياة على الأرض . استخدم الإنسان القديم هذه البوليمرات الطبيعية في صناعة الأدوات والملابس والمأوى . .فمثلاً، استخدموا الجلد والوبر لصنع الملابس، واستخدموا الخشب لبناء المنازل والأدوات.

بدأ الاهتمام العلمي بالبوليمرات في القرن التاسع عشر، حيث بدأ الكيميائيون في دراسة تركيب وخصائص المواد الطبيعية مثل المطاط (rubber) والقطن.(cotton) . شهدت بداية القرن العشرين تطورات كبيرة في مجال البوليمرات، حيث تم اكتشاف العديد من **البوليمرات الصناعية** (synthetic polymers)الجديدة، مثل الباكليت (Bakelite) في عام ١٩٠٩، والذي يعتبر أول بوليمر صناعي يتم إنتاجه على نطاق واسع. في عام ١٩٣٥، حدثت ثورة حقيقية في عالم البوليمرات باختراع النايلون(nylon) ، وهو أول بوليمر صناعي يتم إنتاجه على شكل ألياف تشبه الحرير .هذا الاكتشاف فتح الباب أمام صناعة العديد من الألياف الصناعية الأخرى، وأدى إلى ثورة في صناعة الملابس والنسيج.

لعبت البوليمرات دورًا حاسمًا في الحرب العالمية الثانية، حيث تم استخدامها في صناعة العديد من المنتجات العسكرية، مثل الخوذات والطائرات.

العصر الذهبي للبوليمرات بعد الحرب العالمية الثانية، شهدت صناعة البوليمرات نموًا هائلاً، وانتشرت البوليمرات في جميع جوانب الحياة، من الصناعة والزراعة إلى الطب والفضاء.

من الصعب تحديد أول بوليمر اكتشفه الإنسان، حيث أن العديد من المواد الطبيعية التي استخدمها الإنسان منذ القدم هي في الواقع بوليمرات. ومع ذلك، يعتبر الباكليت هو أول بوليمر

صناعي يتم إنتاجه على نطاق واسع وتسويقه تجاريًا، مما يجعله نقطة تحول مهمة في تاريخ البوليمرات.

تاريخ البوليمرات هو قصة طويلة ومتشعبة، بدأت من الطبيعة وانتقلت إلى الصناعة، وأصبحت جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية .ومن المتوقع أن تستمر البوليمرات في لعب دور حيوي في تطوير التكنولوجيا والمجتمع في المستقبل.

ما هو البوليمر؟

تخيل سلسلة طويلة مصنوعة من حلقات متكررة متصلة ببعضها .هذه السلسلة الطويلة هي تشبيه بسيط للبوليمر .البوليمر في الكيمياء هو مادة تتكون من وحدات متكررة تسمى "مونومرات ."هذه المونومرات ترتبط ببعضها بطريقة متسلسلة لتكوين جزيء كبير. **بمعنى آخر**، البوليمر هو مادة تتكون من العديد من الأجزاء المتكررة.

تتكون البوليمرات من خلال عملية تسمى "البلمرة ."في هذه العملية، تتحد جزيئات صغيرة (مونومرات) مع بعضها البعض لتكوين سلاسل طويلة .هذه السلاسل يمكن أن تكون خطية أو متفرعة أو حتى ثلاثية الأبعاد.

المونومير : monomerعبارة عن مركبات كيميائية بسيطة ذو وزن جزئي صغير ويتميز هذا المركب بتركيب خاص (مجاميع فعالة)function groupيمكنها التفاعل مع جزئ اخرى من نفس النوع او جزئ لمركب اخر وتحت الظروف المناسبة لتكوين السلاسل البوليميرية الطويلة وتدعى عملية ارتباط هذه الجزيئات مع بعضها بعملية البلمرة (polymerization)

بشكل اخر المونومر هو الوحدة الأساسية لبناء البوليمرات، تمامًا كما هو الحجر الأساسي لبناء الجدار. يتكون المونومر من جزيئات صغيرة تحتوي على مجموعات وظيفية (مجاميع فعالة) تعطيها القدرة على الارتباط بجزيئات أخرى .هذه المجموعات الوظيفية هي بمثابة "الأيدي" التي تمسك بالمونومرات الأخرى لتكوين السلاسل الطويلة.

عملية البلمرة (polymerization)

هي العملية الكيميائية التي يتم فيها ربط العديد من جزيئات المونومر ببعضها البعض لتكوين سلسلة طويلة تسمى بوليمر .تتفاعل المجموعات الوظيفية في المونومرات مع بعضها

البعض، مما يؤدي إلى تكوين روابط كيميائية جديدة بين الجزيئات. تستمر هذه العملية بالتكرر حتى يتكون سلسلة طويلة من المونومرات، أي البوليمر.

الوحدات البنائية المتكررة (Structural Repeating Units) هي ببساطة اللبنات الأساسية التي تتكون منها سلاسل البوليمر .تخيل سلسلة من اللؤلؤ، كل لؤلؤة تمثل وحدة بنائية متكررة . في البوليمرات، تتكرر هذه الوحدات مئات أو آلاف المرات لتكوين سلسلة طويلة.

أمثلة على مونومرات وبوليمراتها

بلمرة الإضافة(Addition Polymerization)

المونومر	الوحدة البنائية المتكررة	البوليمر	المعادلة
الإيثيلين (ethylene)	$-CH_2-CH_2-$	بولي إيثيلين (polyethylene)	$nCH_2=CH_2 \rightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$
البروبلين (propylene)	$-CH_2-CH(CH_3)-$	بولي البروبلين (propylene)	$nCH_2=CH(CH_3)\ [-CH_2-CH(CH_3)-]_n \rightarrow$
الاستيرين (styrene)	$-CH_2-CH(C_6H_5)-$	بولي ستيرين (polystyrene)	$nCH_2=CH(C_6H_5) \rightarrow [-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$

بلمرة التكثيف(Condensation Polymerization)

المونومر	الوحدة البنائية المتكررة	البوليمر	المعادلة
حمض الأديبيك (adipic acid)وهكساميثيلين دايامين (hexamethylenediamine)	$-[NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO]-$	(nylon 6,6)	$nHOOC-(CH_2)_4-COOH + nH_2N-(CH_2)_6-NH_2 \rightarrow [-NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO-]_n + nH_2O$
الأحادية الهيدروكسي بنزوات (monomethyl terephthalate)والإيثيلين جليكول(ethylene glycol)	$-[O-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_4-CO]-$	بولي إيثيلين ترفتالات (polyethylene terephthalate)أو البوليستر (polyester)	$nHO-CH_2-CH_2-OH + nHOCO-C_6H_5-COOH \rightarrow [-O-CH_2CH_2-OCO-C_6H_5-CO-]_n + nH_2O$

درجة البلمرة (Degree of Polymerization)

درجة البلمرة (Degree of Polymerization)، ويرمز لها بالرمز **Dp**، هي مقياس لعدد الوحدات البنائية المتكررة (repeating units) في سلسلة بوليمرية واحدة .بعبارة أبسط، هي عدد المرات التي تتكرر فيها الوحدة البنائية الأساسية لتكوين البوليمر.

تمثيل درجة البلمرة

- **في الصيغة الكيميائية للبوليمر** :توضع درجة البلمرة n) أو (Dp أسفل القوس الذي يحيط بالوحدة البنائية المتكررة .هذا يعني أننا نضرب الوحدة البنائية المتكررة في عدد (n)من المرات للحصول على طول السلسلة البوليمرية.
- **مثال** :في بولي إيثيلين، الوحدة البنائية المتكررة هي$(-CH_2-CH_2-)$ ، وإذا كانت درجة البلمرة ١٠٠٠، فإن صيغة البوليمر ستكون$[-CH_2-CH_2-]_{1000}$.

علاقة درجة البلمرة بوزن البوليمر

- **الوزن الجزيئي** :كلما زادت درجة البلمرة، زاد الوزن الجزيئي للبوليمر .هذا لأن كل وحدة بنائية تضيف كتلة إلى السلسلة.
- **خصائص البوليمر** :يؤثر الوزن الجزيئي، وبالتالي درجة البلمرة، بشكل كبير على خصائص البوليمر مثل:
  - **اللزوجة** :(**Viscosity**) تزداد اللزوجة مع زيادة الوزن الجزيئي.
  - **القوة** :(**Strength**) عادة ما تزداد قوة البوليمر مع زيادة الوزن الجزيئي حتى نقطة معينة.
  - **درجة الحرارة الزجاجية** :(**Glass transition temperature**) تزداد درجة الحرارة الزجاجية مع زيادة الوزن الجزيئي.

أنواع البوليمرات حسب درجة البلمرة

- **الأوليجومرات** :(**Oligomers**) بوليمرات قصيرة السلسلة، حيث تكون درجة البلمرة عادة بين ٢٠ و ١٠٠.

- **البوليمرات عالية الوزن الجزيئي :(High molecular weight polymers)** بوليمرات طويلة السلسلة، حيث تكون درجة البلمرة عالية جدًا، مثل ١٠٠٠ أو أكثر .هذه هي الأنواع الأكثر شيوعًا من البوليمرات المستخدمة في الصناعة.

حساب الوزن الجزيئي للبوليمر

يمكن حساب الوزن الجزيئي للبوليمر باستخدام المعادلة التالية:

الوزن الجزيئي للبوليمر = درجة البلمرة × الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة

العلاقة بين درجة البلمرة وعدد الجزيئات:

العلاقة الرياضية:

يمكننا التعبير عن العلاقة بين هذه الكميات بالمعادلة التالية:

$$Dp = n = N / N_0$$

حيث: **n** :هي أيضاً رمز يستخدم للدلالة على درجة البلمرة.

درجة البلمرة :(Dp) كما ذكرنا سابقًا، هي متوسط عدد الوحدات المتكررة في سلسلة البوليمر الواحدة.

عدد الجزيئات البوليمرية :(N) هو العدد الإجمالي لسلاسل البوليمر الناتجة عن عملية البلمرة.

عدد الجزيئات المونومرية الأولية :(N_0) هو العدد الإجمالي لجزيئات المونومر قبل بدء عملية البلمرة.

(N/N_0) تعبر عن الكسر من المونومرات التي تم دمجها في سلاسل بوليمرية .كلما كانت هذه النسبة أكبر، كانت درجة البلمرة أكبر، أي أن السلاسل البوليمرية أطول وأكثر تعقيدًا.

مثال توضيحي:

لنفترض أن لدينا ١٠٠٠ جزيء من المونومر ($N_0 = 1000$) ، وبعد عملية البلمرة حصلنا على ١٠٠ جزيء بوليمر .($N = 100$) في هذه الحالة، تكون درجة البلمرة:

$$Dp = N / N_0 = 100 / 1000 = 0.1$$

هذا يعني أن كل سلسلة بوليمرية تتكون في المتوسط من $100 = 1000 \times 0.1$ وحدة مونومرية.

أمثلة على بوليمرات الإضافة

مثال ١: بولي إيثيلين

الوحدة البنائية المتكررة $-CH_2-CH_2-$:

الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة 28 :جم/مول

إذا كانت درجة البلمرة: $(Dp) = 1000$

الوزن الجزيئي للبولي إيثيلين = ١٠٠٠ × ٢٨ جم/مول = ٢٨٠٠٠ ,جم/مول

مثال ٢: بولي بروبيلين

الوحدة البنائية المتكررة $-CH_2-CH(CH_3)-$:

الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة 42 :جم/مول

إذا كانت درجة البلمرة: $(Dp) = 500$

الوزن الجزيئي للبولي بروبيلين = ٥٠٠ × ٤٢ جم/مول = ٢١٠٠٠ ,جم/مول

أمثلة على بوليمرات التكثيف

مثال ١: نايلون ٦,٦

الوحدة البنائية المتكررة $-[NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO]-$:

الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة :احسب الوزن الجزيئي بناءً على العناصر المكونة لها.

إذا كانت درجة البلمرة:2000 = (Dp)

احسب الوزن الجزيئي للنايلون ٦ 6,باستخدام المعادلة العامة.

مثال ٢: بولي إيثيلين ترفتالات(PET)

الوحدة البنائية المتكررة–$[O–CH_2–CH_2–O–CO–C_6H_4–CO]$– :

الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة :احسب الوزن الجزيئي بناءً على العناصر المكونة لها.

إذا كانت درجة البلمرة:1500 = (Dp)

احسب الوزن الجزيئي لـ PET باستخدام المعادلة العامة.

حساب درجة البلمرة من الوزن الجزيئي

يمكن عكس المعادلة لحساب درجة البلمرة إذا كان لدينا الوزن الجزيئي للبوليمر والوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة.

درجة البلمرة = (Dp) الوزن الجزيئي للبوليمر / الوزن الجزيئي للوحدة البنائية المتكررة