

SESIÓN 13 — Oxidación y polimerización de alquenos

Química III · U1 RAP1 — Mecanismos y reacciones orgánicas (20 sesiones de 1h)

Generado por PDF Project

Datos de la sesión

- Unidad Didáctica 1: Reacciones químicas de compuestos orgánicos
- RAP 1: Explica las reacciones químicas de los hidrocarburos a partir de su estructura
- Duración: 1 hora
- Tema: Oxidación suave y enérgica, polimerización por adición y problemática de los plásticos

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar la sesión, el estudiante será capaz de:

- Distinguir la oxidación suave de la oxidación enérgica de alquenos y sus productos.
- Explicar el fundamento de la prueba de Baeyer.
- Describir la polimerización por adición e identificar monómero, unidad repetitiva y polímero.
- Escribir las ecuaciones de formación del polietileno, polipropileno, PVC y poliestireno.
- Evaluar críticamente el impacto ambiental de los plásticos y las alternativas de manejo.

Objeto detonador

Lleve al aula cinco objetos de plástico distintos (botella de PET, bolsa, vaso de unicel, tubo de PVC, tapa) y pida que localicen el número dentro del triángulo de reciclaje. Anótelos en el pizarrón. Al final de la clase, el grupo debe poder decir de qué monómero viene cada uno.

Activación de conocimientos previos (7 minutos)

- Oxidación en química orgánica: aumento del número de enlaces a oxígeno o disminución del número de enlaces a hidrógeno.
- El KMnO_4 es un oxidante fuerte; en medio neutro o básico y en frío se reduce a MnO_2 , un sólido pardo.
- En la sesión de práctica con alcanos el permanganato NO se decoloró. Hoy veremos por qué con alquenos sí lo hace.

Desarrollo (36 minutos)

Oxidación suave: prueba de Baeyer

1

Con permanganato de potasio diluido, frío y en medio neutro o ligeramente básico, el alqueno se oxida sin que se rompa la cadena. Se adicionan dos grupos hidroxilo a los carbonos del doble enlace y se obtiene un diol vecinal (glicol). $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + [\text{O}] + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{KMnO}_4 \text{ dil., frío}} \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$ Ecuación iónica balanceada: $3 \text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH} + 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{KOH}$ El producto es el etilenglicol, usado como anticongelante en radiadores y como materia prima del PET. La evidencia visual es doble: desaparece el color violeta del permanganato y aparece un precipitado pardo de dióxido de manganeso. Esto constituye la prueba de Baeyer, positiva para alquenos y alquinos, negativa para alcanos.

Oxidación energética

2

Con permanganato concentrado, en caliente y en medio ácido, o con dicromato de potasio, el doble enlace se rompe por completo. Los productos dependen de cuántos hidrógenos tenía cada carbono del doble enlace:

- Carbono con dos hidrógenos ($=\text{CH}_2$): da CO_2 y agua.
- Carbono con un hidrógeno ($=\text{CH}-$): da un ácido carboxílico.
- Carbono sin hidrógenos ($=\text{C}<$): da una cetona.

Ejemplo con el 2-buteno:



Se obtienen dos moléculas de ácido acético (ácido etanoico).

Ejemplo con el 2-metil-2-buteno:



Se obtienen propanona (acetona) y ácido acético. Esta reacción se usó históricamente para deducir la posición del doble enlace en una molécula desconocida: los fragmentos delatan dónde estaba.

Combustión

3

Como todo hidrocarburo, los alquenos arden. Por su mayor proporción de carbono respecto al hidrógeno, la flama es más luminosa y con más hollín que la de un alcano de igual número de carbonos. $\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $2 \text{C}_3\text{H}_6 + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Polimerización por adición

4

Un polímero es una macromolécula formada por la unión repetida de unidades pequeñas llamadas monómeros. En la polimerización por adición, las moléculas de alqueno se unen entre sí sin perder ningún átomo: el enlace pi de cada monómero se abre y forma dos enlaces sigma con los vecinos. Ecuación general: $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{(catalizador, presión)}} [-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ Donde n es el grado de polimerización y puede valer decenas de miles. El mecanismo puede ser radicalario (con peróxidos como iniciadores) o catalítico con catalizadores Ziegler-Natta de titanio y aluminio, que permiten controlar la disposición de las cadenas y por tanto las propiedades del material.

Polietileno

PE

Monómero: eteno, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$. Unidad repetitiva: $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$. $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ De baja densidad (LDPE, número 4) es flexible: bolsas y películas. De alta densidad (HDPE, número 2) es rígido: botellas de leche y garrafones.

Polipropileno

PP

Monómero: propeno, $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$. $n \text{ CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$ Número 5 en el código de reciclaje. Se usa en tapas, popotes, envases de yogur y fibras textiles. Resiste temperaturas mayores que el polietileno.

Policloruro de vinilo

PVC

Monómero: cloroeteno o cloruro de vinilo, $\text{CH}_2=\text{CHCl}$. $n \text{ CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$ Número 3. Tubería hidráulica, cancelería y recubrimientos. Su monómero está clasificado como cancerígeno humano, por lo que su producción exige control estricto. Al incinerarse libera HCl y puede generar dioxinas.

Poliestireno

PS

Monómero: estireno o feniletileno, $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$. $n \text{ C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow [-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]_n$ Número 6. Expandido con gas forma el unigel, usado en empaques y vasos desechables. Es muy voluminoso, se fragmenta con facilidad y prácticamente no se recicla en México.

Del polímero al monómero

Tip aplicado: busque la unidad que se repite

Enunciado: El politetrafluoroetileno (teflón) tiene la estructura $[-CF_2-CF_2-]_n$. Identifique el monómero, escriba la ecuación de polimerización y calcule el grado de polimerización de una cadena cuya masa molar es 500 000 g/mol. Resolución: La unidad repetitiva es $-CF_2-CF_2-$, de dos carbonos. Como la polimerización por adición proviene de la apertura de un doble enlace, el monómero debe ser el tetrafluoroeteno: $CF_2=CF_2$. Ecuación: $n CF_2=CF_2 \rightarrow [-CF_2-CF_2-]_n$. Masa molar de la unidad repetitiva: $(2 \times 12.01) + (4 \times 19.00) = 24.02 + 76.00 = 100.0$ g/mol. Grado de polimerización: $n = 500\,000 \div 100.0 = 5\,000$ unidades. Cada macromolécula de ese teflón contiene alrededor de cinco mil monómeros unidos, es decir, unos diez mil átomos de carbono en la cadena principal.

Enfoque CTSA: el problema de los plásticos

Los plásticos revolucionaron la vida cotidiana por ser ligeros, baratos, resistentes y aislantes. Pero justamente esa resistencia es el problema: la cadena de enlaces C–C no es reconocida por las enzimas de los microorganismos, por lo que no se biodegradan en tiempos humanos.

Consecuencias documentadas:

- Acumulación en rellenos sanitarios y en cuerpos de agua.
- Fragmentación en microplásticos por acción de la radiación UV y la abrasión, con entrada a la cadena alimentaria.
- Muerte de fauna marina por ingestión y enredamiento.
- Emisión de contaminantes al incinerarse sin control, especialmente en el caso del PVC.

Estrategias de manejo, en orden de prioridad según la jerarquía de residuos:

1. Rechazar y reducir: evitar el plástico de un solo uso.
2. Reutilizar: prolongar la vida útil del objeto.
3. Reciclar: separación por tipo de resina; el PET y el HDPE son los más reciclables.
4. Valorización energética: incineración controlada con recuperación de energía y tratamiento de gases.
5. Disposición final: relleno sanitario, como última opción.

En México, la Ciudad de México prohibió desde 2020 la entrega de bolsas y de diversos plásticos de un solo uso. Investigue con el grupo qué establece la normativa vigente en su entidad.

Cierre y resumen (10 minutos)

Retome los cinco objetos del inicio y pida que el grupo identifique el monómero de cada uno. Cierre con:

- La oxidación suave con $KMnO_4$ frío y diluido da dioles vecinales; es la prueba de Baeyer.
- La oxidación enérgica rompe el doble enlace y da ácidos, cetonas o CO_2 según la sustitución.
- La polimerización por adición une monómeros insaturados sin perder átomos.
- Polietileno, polipropileno, PVC y poliestireno provienen de alquenos sencillos.

- La estabilidad química que hace útiles a los plásticos es la misma que los vuelve un problema ambiental persistente.

Tarea sugerida: registrar durante una semana todos los envases plásticos desechados en casa, clasificarlos por número de resina y proponer dos sustituciones concretas.