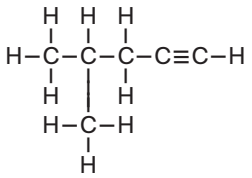
17 Los compuestos del carbono

EJERCICIOS PROPUESTOS

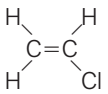
17.1 Dada la fórmula desarrollada del 4-metil-1-pentino, escribe la fórmula estructural correspondiente.



$$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-C\equiv CH$$

17.2 Dada la fórmula estructural del cloroeteno, indica los ángulos de enlace y la geometría de la molécula.

$$H_2C=CH-Cl$$



Un átomo de carbono que forme un enlace doble y dos sencillos presenta una geometría triangular plana, con ángulos de enlace de unos 120°. Por tanto, la molécula de cloroeteno presenta una geometría plana, siendo todos los ángulos de enlace igual a 120°.

17.3 Escribe la fórmula estructural de los siguientes hidrocarburos:

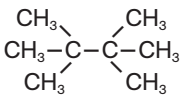
a) 4,5-dimetil-1-hexeno.

b) 2-metil-1,4-pentadieno.

a) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH=CH_2$

b) $CH_2=CH-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$

17.4 Nombra el compuesto siguiente:



¿Es necesario utilizar aquí algún localizador?

El compuesto es el tetrametilbutano. No es necesario utilizar localizadores ya que no hay alternativa para la posición de los cuatro sustituyentes. Dos radicales metilos deben estar unidos al carbono 2, y los otros dos al carbono 3. De lo contrario, la cadena principal no tendría cuatro átomos de carbono y no se nombraría como butano.

17.5 ¿Qué temperatura de ebullición será más alta, la del etano o la del octano? Razona la respuesta.

La del octano, ya que su masa molecular es mayor y, en consecuencia, las fuerzas intermoleculares de dispersión de London son más intensas.

17.6 En el craqueo catalítico del nonano, $CH_3-(CH_2)_7-CH_3$, se forman dos productos, uno de los cuales es eteno. ¿Cuál es la fórmula molecular del otro compuesto formado?

La fórmula molecular del hidrocarburo de partida es C_9H_{20}. Por tanto, para que se conserve el número de átomos de C y de H, si un producto es el eteno (C_2H_4), el otro debe tener como fórmula molecular C_7H_{16}.

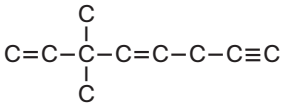
17.7 La concentración de ozono en la atmósfera urbana contaminada es mayor en un día soleado que en uno nublado. ¿Por qué?

Porque, debido a la luz del Sol, se producen reacciones fotoquímicas que conducen a la formación de diferentes especies contaminantes, tales como el ozono, O_3.

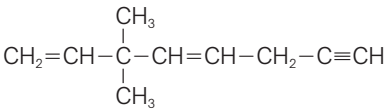
EJERCICIOS Y PROBLEMAS

LOS ENLACES DEL CARBONO

17.8 La molécula de cierto hidrocarburo tiene el siguiente esqueleto:



Escribe los átomos de hidrógeno que faltan.



17.9 Escribe la fórmula molecular de los compuestos siguientes:

a) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

b) $CH_3-CH_2-C\equiv CH$

c) $H_2C=CH-CH=CH_2$

a) C_4H_{10} b) C_4H_6 c) C_4H_6

17.10 Identifica la geometría (tetraédrica, plana o lineal) de todos los átomos de carbono en cada una de las siguientes moléculas:

a) $CH_3-C\equiv C-CH(CH_3)-CH_3$ **b)** $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_3$

a) $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{C}H(CH_3)-\overset{5}{C}H_3$ Un átomo de carbono que forme solo enlaces sencillos presenta una geometría tetraédrica, con ángulos de enlace de aproximadamente 109°. Por tanto, presentan geometría tetraédrica los átomos de carbono 1, 4, 5 y el del grupo metilo unido al carbono 4. Un átomo de carbono que forme un enlace triple y otro sencillo presenta una geometría lineal, con ángulos de enlace de 180°. Así ocurre con los átomos de carbono 2 y 3.

b) $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{1}{C}H_3$ Presentan geometría tetraédrica los átomos de carbono 1, 4 y el del grupo metilo unido al carbono 2, ya que solo forman enlaces sencillos. Un átomo de carbono que forme un enlace doble y dos sencillos presenta una geometría triangular plana, con ángulos de enlace de unos 120°, como ocurre con los átomos de carbono 2 y 3.

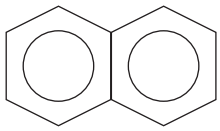
17.11 Indica cuáles de las siguientes moléculas son totalmente planas:

a) CH_3-CH_3
b) $CH_3-CH=CH_2$
c) C_6H_6 (benceno)
d) $H_2C=CH_2$
e) $H_2C=CH-CH=CH_2$
f) $Ar-CH_3$ (metilbenceno o tolueno)

Un átomo de carbono que forme un enlace doble y dos sencillos presenta una geometría plana, con ángulos de enlace de unos 120°. Por tanto, son totalmente planas las moléculas $H_2C=CH_2$ (d) y el benceno (c).

Dado que un átomo de carbono que forme solo enlaces sencillos presenta una geometría tetraédrica, con ángulos de enlace de aproximadamente 109°, el resto de las moléculas no son totalmente planas.

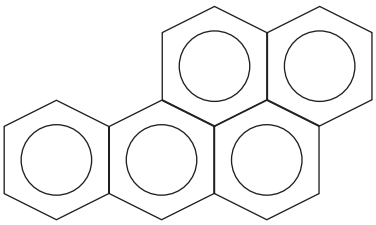
17.12 Los anillos bencénicos pueden unirse entre sí para formar compuestos aromáticos policíclicos. El más sencillo es el naftaleno.



a) ¿Cuál es la fórmula molecular del naftaleno?
b) Identifica la geometría de todos sus átomos de carbono.

a) $C_{10}H_8$
b) Todos los átomos de carbono del naftaleno forman un enlace doble y dos sencillos, por lo que todos ellos presentan una geometría triangular plana, con ángulos de enlace de unos 120°.

17.13 Otro compuesto aromático policíclico es el denominado "3,4-benzo(α)pireno", un conocido carcinógeno presente en el humo del tabaco.



3,4-benzo(α)pireno

a) ¿Cuál es su fórmula molecular?
b) ¿Se trata de una molécula totalmente plana?

a) $C_{20}H_{12}$
b) Sí, ya que todos los átomos de carbono del 3,4-benzo(α)pireno presentan una geometría plana, con ángulos de enlace de unos 120° (puesto que todos forman un enlace doble y dos sencillos).

17.14 El ciclopropano es un anestésico potente, rápido y con pocos efectos secundarios. Sin embargo, rara vez se emplea en cirugía, ya que forma mezclas explosivas con el aire a casi todas las concentraciones.

Basándote en su geometría, da una explicación a la gran inestabilidad del ciclopropano.

En el ciclopropano, los ángulos de enlace C−C son de 60°, un valor muy alejado de 109°, que es el que corresponde a un átomo de carbono que forma cuatro enlaces sencillos. Cuanto más apartado se encuentre de este valor, más inestable es el enlace.

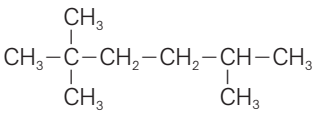
NOMENCLATURA DE LOS HIDROCARBUROS

17.15 Indica cuál es la fórmula molecular de:

a) Un alcano de cadena abierta y 6 átomos de carbono.
b) Un alcano de cadena cerrada y 6 átomos de carbono.
c) Un alqueno de cadena abierta y 6 átomos de carbono (con un solo enlace doble).
d) Un alquino de cadena abierta y 6 átomos de carbono (con un solo enlace triple).

a) C_6H_{14} b) C_6H_{12} c) C_6H_{12} d) C_6H_{10}

17.16 El isooctano es un combustible excelente para automóviles y se le asigna un índice de octano (u octanaje) igual a 100. ¿Cuál es su nombre IUPAC?

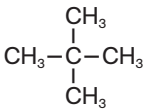


Isooctano (2,2,4-trimetilpentano).

17.17 Un buen combustible para los motores diésel es el llamado "cetano", $CH_3-(CH_2)_{14}-CH_3$, al que se le asigna un "índice de cetano 100". ¿Cuál es el nombre IUPAC del cetano?

Hexadecano.

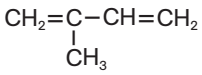
17.18 Neopentano es el nombre común del siguiente compuesto:



¿Cuál es su nombre sistemático?

Dimetilpropano.

17.19 El caucho natural se forma por unión de un número elevado de moléculas de isopreno.



Isopreno

a) ¿Cuál es el nombre sistemático del isopreno?

b) Razona si es necesario emplear un localizador para el radical metilo.

a) Metil-1,3-butadieno.

b) No ya que solo puede estar situado en el carbono 2. Si no estuviera en un carbono intermedio, se nombraría como un pentadieno, no un butadieno. Por otra parte, si estuviera en el otro carbono interno, este también sería el carbono 2, ya que la cadena se empieza a enumerar por el extremo más próximo a la ramificación.

17.20 Dibuja la fórmula estructural de los nueve compuestos que tienen la fórmula molecular C_7H_{16} y escribe el nombre sistemático de cada uno de ellos.

Heptano	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
3-metilhexano	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$
2,4-dimetilpentano	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$
3,3-dimetilpentano	$CH_3-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$
2,2,3-trimetilbutano	$CH_3-C(CH_3)_2-CH(CH_3)-CH_3$

2-metilhexano	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
2,3-dimetilpentano	$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$
2,2-dimetilpentano	$CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-CH_3$
3-etilpentano	$CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$

17.21 Escribe la fórmula estructural de todos los alquenos que tienen la fórmula molecular C_6H_{12} y nómbralos.

1-hexeno	$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
3-hexeno	$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$
3-metil-1-penteno	$CH_2=CH-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$
2-metil-2-penteno	$CH_3-C(CH_3)=CH-CH_2-CH_3$
4-metil-2-penteno	$CH_3-CH=CH-CH(CH_3)-CH_3$
3,3-dimetil-1-buteno	$CH_2=CH-C(CH_3)_2-CH_3$

2-hexeno	$CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3$
2-metil-1-penteno	$CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$
4-metil-1-penteno	$CH_2=CH-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$
3-metil-2-penteno	$CH_3-CH=C(CH_3)-CH_2-CH_3$
2,3-dimetil-1-buteno	$CH_2=C(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$
2,3-dimetil-2-buteno	$CH_3-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3$

17.22 Escribe la fórmula estructural de los hidrocarburos siguientes:

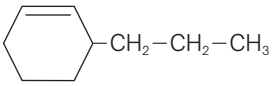
a) 2,2-dimetilpentano.
b) 4-etil-3-metilheptano.
c) 4-butil-2-noneno.
d) 2,2,5,5-tetrametil-3-hexeno.
e) 3-propilciclohexeno.
f) 2-metil-1,3,5-hexatrieno.
g) Butilbenceno.
h) 1,1,3-trimetilciclopentano.

a) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-CH_3$

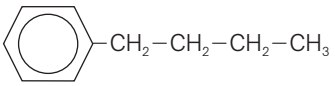
b) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$

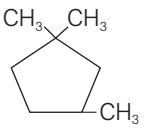
c) $CH_3-CH=CH-CH(CH_2-CH_2-CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

d) $CH_3-C(CH_3)_2-CH=CH-C(CH_3)_2-CH_3$

e) 

f) $CH_2=C(CH_3)-CH=CH-CH=CH_2$

g) 

h) 

17.23 Nombra los hidrocarburos siguientes:

a) $CH_3-(CH_2)_4-CH(CH_2-CH_3)-CH_3$

b) $CH_3-C\equiv CH$

c) $CH_3-CH=CH-CH=CH_2$

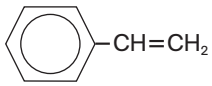
d) $(CH_3)_2-CH-CH_2-C\equiv CH$

e) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH=CH-CH_2-C\equiv CH$

f) $Ar-CH=CH-Ar$

a) 3-metiloctano.
b) Propino.
c) 1,3-pentadieno.
d) 4-metil-1-pentino.
e) 7-metil-4-octen-1-ino
f) 1,2-difenileteno

17.24 El poliestireno, muy utilizado como aislante térmico, se obtiene por unión de un número elevado de moléculas de estireno.



Estireno o vinilbenceno

a) ¿Cuál es el nombre IUPAC del estireno?
b) ¿Cuál es la fórmula del radical vinilo?

a) Fenileteno.
b) $CH_2=CH-$

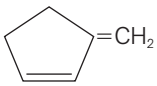
17.25 El compuesto de fórmula $CH_2=C=CH_2$ tiene dos enlaces dobles acumulados. Su nombre común es aleno. ¿Cuál es su nombre IUPAC?

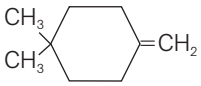
Propadieno.

17.26 Al grupo $CH_2=$ se le denomina radical metileno. Escribe la fórmula estructural de:

a) 3-metilenciclopenteno.

b) 4,4-dimetilmetilenciclohexano.

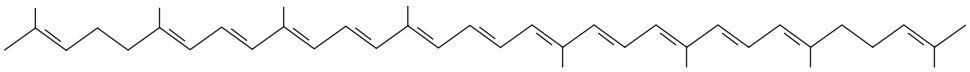
a) 

b) 

17.27 El color rojo del tomate, la sandía o el pomelo se debe a un hidrocarburo de nombre 2,6,10,14,19,23,31-octametil-2,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,30-dotriacontatridecaeno, al que se atribuyen propiedades beneficiosas para la salud y cuyo nombre común, mucho más manejable, es licopeno.

Determina su fórmula molecular y escribe su fórmula estructural.

Fórmula molecular: $C_{40}H_{56}$



Fórmula estructural:

17.28 Señala qué producto se espera de la adición de HI al:

a) 1-buteno.

b) 2-metil-2-buteno.

c) Ciclopenteno.

a) De acuerdo con la regla de Markovnikov, en la adición de HI al doble enlace del 1-buteno, el átomo de H se une al átomo de carbono terminal, ya que este es, de los dos átomos del enlace C=C, el que está unido a un mayor número de átomos de H:

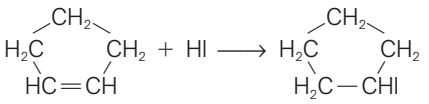
$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + HI \longrightarrow CH_3-CH_2-CHI-CH_3$ Se espera, pues, que se obtenga el 2-yodobutano.

b) Aplicando, de nuevo, la regla de Markovnikov:

$$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_3 + HI \rightarrow CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CI}-CH_2-CH_3$$

Se obtiene el 2-yodo-2-metilbutano.

c) Dada la simetría del ciclopenteno, el único producto posible es el yodociclopentano:



17.29 El 2-bromo-2-metilbutano se puede obtener con relativa facilidad mediante la adición de HBr a distintos hidrocarburos. Indica de qué hidrocarburos se trata y nómbralos.

De acuerdo con la regla de Markovnikov, en la adición de HBr a un doble enlace, el átomo de H se une al átomo de carbono más hidrogenado (unido a un mayor número de átomos de H). Por tanto, el 2-bromo-2-metilbutano se puede obtener adicionando HBr al 2-metil-1-buteno o al 2-metil-2-buteno:

$$CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}-CH_2-CH_3 + HBr \rightarrow CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CBr}-CH_2-CH_3$$

2-metil-1-buteno 2-bromo-2-metilbutano

$$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH-CH_3 + HBr \rightarrow CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CBr}-CH_2-CH_3$$

2-metil-2-buteno 2-bromo-2-metilbutano

17.30 El propileno, $CH_3 \rightarrow CH=CH_2$, es, después del eteno, el compuesto orgánico producido en mayor cantidad por la industria química.

a) ¿Cuál es su nombre sistemático IUPAC?

b) Escribe una ecuación ajustada de la reacción del propileno con el H_2.

a) Propeno.

b) $CH_3-CH=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_3$

17.31 Un constituyente importante de la cáscara de la naranja o del limón es el limoneno, $C_{10}H_{16}$, responsable de su fragancia. Una muestra de 0,952 g de limoneno reacciona exactamente con 2,24 g de bromo, antes de que persista el color rojo de este. ¿Cuántos dobles enlaces contiene la molécula del limoneno?

Expresadas en moles, las masas dadas de limoneno y bromo son:

$$0{,}952\ (g\ C_{10}H_{16}) \cdot \frac{1\ (mol\ C_{10}H_{16})}{136{,}26\ (g\ C_{10}H_{16})} = 6{,}99 \cdot 10^{-3}\ mol\ C_{10}H_{16} \quad 2{,}24\ (g\ Br_2) \cdot \frac{1\ (mol\ Br_2)}{159{,}8\ (g\ Br_2)} = 1{,}40 \cdot 10^{-2}\ mol\ Br_2$$

La relación en moles con la que reaccionan es: $\dfrac{1{,}40 \cdot 10^{-2}\ (mol\ Br_2)}{6{,}99 \cdot 10^{-3}\ (mol\ C_{10}H_{16})} \approx 2$

La molécula de limoneno posee dos dobles enlaces, ya que por cada enlace doble reacciona una molécula de Br_2.

17.32 Escribe la ecuación ajustada de la reacción de combustión completa de estos compuestos:

a) Tolueno (metilbenceno).

b) Ciclohexano.

a) $C_7H_8\ (l) + 9\ O_2\ (g) \rightarrow 7\ CO_2\ (g) + 4\ H_2O\ (l)$

b) $C_6H_{12}\ (l) + 9\ O_2\ (g) \rightarrow 6\ CO_2\ (g) + 6\ H_2O\ (l)$

17.33 Dadas las siguientes ecuaciones termoquímicas, correspondientes a la combustión del metano (principal componente del gas natural) y del butano:

$$CH_4\ (g) + 2\ O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l) \qquad \Delta H = -890\ kJ0$$

$$C_4H_{10}\ (g) + \frac{13}{2}\ O_2\ (g) \rightarrow 4\ CO_2\ (g) + 5\ H_2O\ (l) \qquad \Delta H = -2877\ kJ$$

a) Determina el calor desprendido por cada gramo de metano y de butano quemados.

b) ¿Cuál de los dos compuestos desprende mayor cantidad de CO_2 por gramo de combustible?

a) Los valores de ΔH dados en las ecuaciones anteriores indican el calor que se desprende en la combustión de 1 mol de metano y en la de 1 mol de butano, respectivamente. El calor de combustión por gramo resulta:

$$\frac{1\ (mol\ CH_4)}{16{,}05\ (g\ CH_4)} \cdot \frac{890\ (kJ)}{1\ (mol\ CH_4)} = 55{,}5\ kJ\,g^{-1}\ (CH_4)$$

$$\frac{1\ (mol\ C_4H_{10})}{58{,}14\ (g\ C_4H_{10})} \cdot \frac{2877\ (kJ)}{1\ (mol\ C_4H_{10})} = 49{,}5\ kJ\,g^{-1}\ (C_4H_{10})$$

b) Para calcular los gramos de un producto, B (CO_2) que se forman a partir de una masa dada de un reactivo, A, seguimos el esquema:

$$\text{gramos A} \xrightarrow{\text{masa molar A}} \text{moles A} \xrightarrow{\text{coeficientes ecuación}} \text{moles B} \xrightarrow{\text{masa molar B}} \text{gramos B}$$

Teniendo en cuenta los coeficientes estequiométricos de las ecuaciones ajustadas y las masas molares correspondientes, se obtiene:

$$1{,}00\ (g\ CH_4) \cdot \frac{1\ (mol\ CH_4)}{16{,}05\ (g\ CH_4)} \cdot \frac{1\ (mol\ CO_2)}{1\ (mol\ CH_4)} \cdot \frac{44{,}01\ (g\ CO_2)}{1\ (mol\ CO_2)} = 2{,}74\ g\ CO_2$$

$$1{,}00\ (g\ C_4H_{10}) \cdot \frac{1\ (mol\ C_4H_{10})}{58{,}14\ (g\ C_4H_{10})} \cdot \frac{4\ (mol\ CO_2)}{1\ (mol\ C_4H_{10})} \cdot \frac{44{,}01\ (g\ CO_2)}{1\ (mol\ CO_2)} = 3{,}03\ g\ CO_2$$

Por tanto, por gramo de combustible, el butano desprende más CO_2 que el metano.

17.34 La composición centesimal de cierto hidrocarburo gaseoso, que adiciona fácilmente hidrógeno, es: 85,7% de C y 14,3% de H. A 27°C y 630 mm Hg, el gas tiene una densidad de 1,42 $g\,L^{-1}$.

a) Calcula la fórmula molecular del hidrocarburo.

b) Escribe su fórmula estructural y su nombre.

c) ¿Qué compuesto forma al adicionar H_2?

a) La relación de elementos, en moles, es: $C_{\frac{85{,}7\ (g)}{12{,}01\ (g\ mol^{-1})}} : H_{\frac{14{,}3\ (g)}{1{,}01\ (g\ mol^{-1})}} = C_{7{,}1357\ (mol)} : H_{14{,}1584\ (mol)}$

Esta relación en términos de los números enteros más pequeños es: $C_{\frac{7{,}1357}{7{,}1357}} : H_{\frac{14{,}1584}{7{,}1357}} = C_1 : H_2$

La fórmula empírica del hidrocarburo es, pues, CH_2, y su fórmula molecular, $(CH_2)_n$.

Utilizamos ahora la ecuación de los gases ideales para calcular la masa molar, M.

$$M = \frac{dRT}{p} = \frac{1{,}42\ (g\ L^{-1}) \cdot 0{,}082\ (atm\ L K^{-1} mol^{-1}) \cdot 300\ (K)}{\frac{630\ (mm\ Hg)}{760\ (mm\ Hg\ atm^{-1})}} = 42{,}1\ g\ mol^{-1}$$

Determinamos la fórmula molecular: Masa molar compuesto = n (masa molar fórmula empírica):

$$42{,}1 = n(12{,}01 + 2 \cdot 1{,}01) \Rightarrow \frac{42{,}1}{14{,}03} = 3 \Rightarrow \text{Fórmula molecular: } (CH_2)_3 \equiv C_3H_6$$

b) Los hidrocarburos de fórmula molecular C_3H_6 son el ciclopropano y el propeno. De ellos, solo el último adiciona fácilmente hidrógeno. Se trata, pues, del propeno ($CH_3-CH=CH_2$).

c) La adición de hidrógeno a un alqueno produce el correspondiente alcano (en este caso, propano):

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_3$$

17.35 En 1913, los químicos descubrieron que podían transformar el queroseno en moléculas más pequeñas, del tipo de las de la gasolina, calentando en presencia de catalizadores. Por ejemplo:

$$C_{16}H_{34}\ (g) \xrightarrow{700^{\circ}\,C} C_8H_{16}\ (g) + C_8H_{18}\ (g)$$

a) ¿Qué nombre recibe este tipo de proceso?

b) ¿Cuál es su utilidad desde el punto de vista industrial?

a) Este tipo de proceso, en el que las moléculas de los alcanos se rompen en dos o más fragmentos, uno de ellos insaturado, se denomina craqueo catalítico.

b) El craqueo catalítico permite aumentar la producción de fracciones ligeras, más volátiles y con mayor demanda, aprovechando el exceso de otras fracciones más pesadas, menos volátiles.

17.36 Supón que un producto del craqueo de un alqueno de nueve átomos de carbono y cadena abierta es:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH_2$$

¿Cuál es el otro producto?

La fórmula molecular de un alqueno de nueve átomos de carbono y cadena abierta es C_9H_{18}. Por tanto, si uno de los productos del craqueo de dicho alqueno es $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH_2$, cuya fórmula molecular es C_6H_{12}, el otro producto debe tener la fórmula molecular C_3H_6 (para que se conserve el número de átomos de C y de H). Es decir, el otro producto es el propeno.

17.37 En un proceso de craqueo catalítico, se obtienen hexano y 1-hexeno a partir de otro hidrocarburo. Indica cuál es la fórmula molecular del compuesto de partida y a qué tipo de hidrocarburos pertenece.

Puesto que los productos del craqueo tienen las fórmulas moleculares C_6H_{14} (hexano) y C_6H_{12} (1-hexeno), la fórmula molecular del (único) producto de partida debe ser $C_{12}H_{26}$ (para que se conserve el número de átomos de C y de H). Un hidrocarburo con la fórmula molecular $C_{12}H_{26}$ solo puede ser un alcano de cadena abierta.

17.38 Escribe la ecuación de la reacción de alquilación entre el metilpropano y el eteno, catalizada por HF o H_2SO_4. Nombra el compuesto formado.

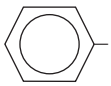
Durante la alquilación se convierten alcanos y alquenos de baja masa molecular en alcanos mayores de cadena ramificada, adecuados para su uso en gasolinas.

$$CH_2=CH_2 + CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow{HF\ o\ H_2SO_4} CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$$

eteno metilpropano 2,2-dimetilbutano

17.39 Escribe una ecuación ajustada para el reformado catalítico del heptano a tolueno (metilbenceno). ¿Cuántos moles de hidrógeno se producen por mol de heptano convertido?

El reformado catalítico convierte los alcanos en compuestos aromáticos, tales como el benceno, tolueno (metilbenceno) y xilenos (dimetilbenceno), que mejoran el comportamiento de la gasolina en los motores de explosión. La ecuación ajustada del reformado catalítico de heptano a tolueno es:

C_7H_{16} (l) $\rightarrow$  $-CH_3 + 4\ H_2$ (g)

Es decir: $C_7H_{16}\ (l) \rightarrow C_7H_8\ (l) + 4\ H_2\ (g)$

Los coeficientes estequiométricos de la ecuación ajustada anterior indican que se producen 4 moles de hidrógeno por cada mol de heptano convertido.

17.40 Durante el reformado catalítico, el hexano se transforma en benceno en una operación que consta de dos etapas: primero se produce la ciclación a ciclohexano y, luego, la aromatización a benceno. Escribe las ecuaciones ajustadas correspondientes a cada etapa y al proceso global.

Etapa 1	C_6H_{14} (l) $\rightarrow$ C_6H_{12} (l) + H_2 (g)
Etapa 2	C_6H_{12} (l) $\rightarrow$ C_6H_6 (l) + 3 H_2 (g)
Proceso global	C_6H_{14} (l) $\rightarrow$ C_6H_6 (l) + 4 H_2 (g)

17.41 El petróleo, que no contiene grandes cantidades de hidrocarburos aromáticos, es una de las mayores fuentes de hidrocarburos aromáticos. Explica esta afirmación, aparentemente contradictoria, y el proceso químico implicado.

Aunque el petróleo no contiene grandes cantidades de hidrocarburos aromáticos, es una fuente muy importante de alcanos. Dado que el reformado catalítico convierte los alcanos en compuestos aromáticos, tales como el benceno, tolueno (metilbenceno) y xilenos (dimetilbenceno), el petróleo resulta, en definitiva, una de las mayores fuentes de hidrocarburos aromáticos.

REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

17.42. Teniendo en cuenta el llamado efecto invernadero, explica por qué razón los ecologistas piden que se reduzcan los procesos de combustión de combustibles fósiles.

En la combustión de combustibles fósiles se forma dióxido de carbono, CO_2, que es uno de los gases de efecto invernadero. Estos contribuyen al calentamiento indeseable del planeta.

17.43 El agua de la atmósfera produce un efecto invernadero similar al que origina el dióxido de carbono. Teniendo esto en cuenta, justifica el hecho de que las noches de invierno despejadas sean más frías que las noches con cielo cubierto.

Si el cielo está despejado, sin nubes, la radiación infrarroja que emite la Tierra se escapa al espacio exterior. Por el contrario, en las noches cubiertas, el agua de las nubes absorbe dicha radiación I.R. y la reemite, en parte, hacia la superficie terrestre, elevando consecuentemente su temperatura.

17.44 La atmósfera de Marte posee poco CO_2 y su densidad es menos del 1% de la terrestre. ¿Cómo explicas que las noches marcianas registren temperaturas inferiores a −80°C?

La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera de Marte es muy pequeña. Por ello, casi toda la radiación infrarroja emitida por la superficie de Marte se escapa hacia el espacio exterior, por lo que la temperatura nocturna, en ausencia de irradiación solar, es muy baja.

17.45 Una de las principales fuentes del SO_2 atmosférico es el carbón, que puede llegar a contener hasta un 5% de azufre, principalmente en forma del mineral pirita, FeS_2. Durante la combustión se forma SO_2:

$$4\ FeS_2\ (s) + 11\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ Fe_2O_3\ (s) + 8\ SO_2\ (g)$$

Calcula la cantidad de SO_2 que se forma al quemar una tonelada de carbón que contiene un 3,8% en masa de azufre.

Dado que todo el SO_2 que se forma procede de azufre contenido en el carbón, y puesto que un mol de SO_2 contiene un 32,07 g de azufre, resulta:

$$1{,}00 \cdot 10^6\ (\text{g carbón}) \cdot \frac{3{,}8\ (\text{g S})}{100\ (\text{g carbón})} \cdot \frac{1\ (\text{mol } SO_2)}{32{,}07\ (\text{g S})} \cdot \frac{64{,}07\ (\text{g } SO_2)}{1\ (\text{mol } SO_2)} = 7{,}6 \cdot 10^4\ \text{g } SO_2$$

17.46 Indica cuáles son los principales compuestos responsables de la lluvia ácida y explica cómo se forman en la atmósfera.

La lluvia ácida implica la formación de óxidos contaminantes de azufre y óxidos de nitrógeno y la posterior conversión de dichos óxidos en H_2SO_4 y HNO_3, respectivamente. Finalmente, estos ácidos regresan a la Tierra, disueltos en la lluvia, nieve o neblina. Así, por ejemplo, al quemar carbón y otros combustibles fósiles, el azufre que contienen como impureza se transforma en dióxido de azufre, SO_2, que una vez en la atmósfera acaba oxidándose a trióxido de azufre, SO_3:

$S\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow SO_2$ $\qquad$ $SO_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow SO_3\ (g)$

Finalmente, el SO_3 reacciona con el agua atmosférica formando ácido sulfúrico, H_2SO_4:

$$SO_3\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow H_2SO_4\ (l)$$

Por otra parte, debido a las altas temperaturas que se alcanzan en las combustiones, el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan formando monóxido de nitrógeno, NO, el cual se oxida posteriormente a dióxido de nitrógeno:

$N_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ NO\ (g)$ $\qquad$ $2\ NO\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ NO_2\ (g)$

Finalmente, el NO_2 reacciona con el agua atmosférica formando ácido nítrico, HNO_3:

$$3\ NO_2\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow 2\ HNO_3\ (l) + NO\ (g)$$

17.47 ¿Es conveniente la presencia de ozono en el aire que respiramos? ¿Por qué?

No, ya que el ozono, O_3, es un gas tóxico.

17.48 Consulta la dirección www.e-sm.net/fq1bach57 y explica los dos papeles, el positivo y el negativo, que desempeña el ozono en la atmósfera.

La presencia de ozono en la estratosfera es beneficiosa, ya que absorbe la peligrosa radiación ultravioleta, procedente del Sol, que de otra forma llegaría hasta la superficie de la Tierra. Sin embargo, la presencia de ozono en el aire que respiramos (en la troposfera) es indeseable, ya que se trata de un gas muy tóxico.

17.49 Los procesos metalúrgicos generan grandes cantidades de dióxido de azufre. Una única fundición de níquel, en Sudbury (Ontario), produce el 1% del SO_2 global vertido a la atmósfera, por la reacción:

$$2\ NiS\ (s) + 3\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ NiO\ (s) + 2\ SO_2\ (g)$$

Calcula el volumen de SO_2 producido y el volumen de O_2 consumido, medidos a 1 atm y 0°C, a partir de una tonelada de NiS.

Se trata de calcular, a partir de una masa dada de un reactivo, el volumen de un producto gaseoso que se forma, y el volumen de otro reactivo, también gaseoso, que se consume. En ambos casos, se sigue la ruta:

$$\text{gramos A} \xrightarrow{\text{masa molar A}} \text{moles A} \xrightarrow{\text{coeficientes ecuación}} \text{moles B} \xrightarrow{\text{volumen molar}} \text{volumen B}$$

De acuerdo con la ecuación de los gases ideales, el volumen molar, en las condiciones dadas, es:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{1\ (mol) \cdot 0{,}082\ (atm\ LK^{-1}mol^{-1}) \cdot 273\ (K)}{1{,}00\ (atm)} = 22{,}4\ L$$

$$10^6\ (g\ NiS) \cdot \frac{1\ (mol\ NiS)}{90{,}76\ (g\ NiS)} \cdot \frac{2\ (mol\ SO_2)}{2\ (mol\ NiS)} \cdot \frac{22{,}4\ (L\ SO_2)}{1\ (mol\ SO_2)} = 2{,}47 \cdot 10^5\ L\ de\ SO_2$$

$$10^6\ (g\ NiS) \cdot \frac{1\ (mol\ NiS)}{90{,}76\ (g\ NiS)} \cdot \frac{3\ (mol\ O_2)}{2\ (mol\ NiS)} \cdot \frac{22{,}4\ (L\ O_2)}{1\ (mol\ O_2)} = 3{,}70 \cdot 10^5\ L\ de\ O_2$$

17.50 En los coches modernos, los gases de la combustión, antes de ser expulsados a la atmósfera, pasan por los llamados "convertidores catalíticos", que contienen metales como platino y rodio. Estos catalizan, entre otras, las reacciones siguientes:

$$2\ NO\ (g) \xrightarrow{Pt/NiO} N_2\ (g) + O_2\ (g)$$

$$CO\ (g) + NO\ (g) \xrightarrow{Rh} CO_2\ (g) + \frac{1}{2}\ N_2\ (g)$$

Explica la importancia para el medio ambiente de las reacciones anteriores.

El NO es un gas tóxico por sí mismo. Además, en la atmósfera se oxida a NO_2, también tóxico, y que contribuye a la formación de ozono y la niebla fotoquímica. Para empeorar las cosas, los óxidos de nitrógeno acaban formando ácido nítrico (uno de los responsables de la lluvia ácida). En consecuencia, es muy deseable reducir al máximo la emisión de NO a la atmósfera; de aquí la importancia de la primera de las reacciones dadas.

En cuanto a la segunda, se trata de evitar la emisión a la atmósfera de monóxido de carbono, un gas inodoro pero muy tóxico, ya que se combina con la hemoglobina de la sangre, impidiendo la formación de oxihemoglobina, necesaria para las células del organismo.

17.51 Una de las reacciones que experimentan los gases producidos durante la combustión de la gasolina al pasar por los convertidores catalíticos es:

$$2\ C_8H_{18}\ (g) + 25\ O_2\ (g) \xrightarrow{Pt/NiO} 16\ CO_2\ (g) + 18\ H_2O\ (g)$$

a) ¿De dónde procede el isooctano, C_8H_{18}?

b) Explica por qué es deseable, desde el punto de vista medioambiental, la reacción anterior.

a) De la evaporación de la gasolina, de la cual es uno de los componentes más importante.

b) Los hidrocarburos no quemados, tales como el isooctano, reaccionan con el ozono formando una mezcla compleja de diferentes compuestos orgánicos irritantes, conocida con el nombre de niebla fotoquímica (o esmog). Además, los hidrocarburos son también gases de efecto invernadero, por lo que agravan el problema del calentamiento global.