

Actividad 1. La contaminación con lentes termodinámicos

PROPÓSITO

Comprobar los principios termodinámicos implicados en la primera ley en contexto de aplicación conocido, mediante el uso de datos y resultados.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 3

Argumentar y comunicar, con base en evidencia científica, cómo la termodinámica y la cinética de reacciones químicas contribuyen a comprender el funcionamiento de los sistemas naturales y sus respuestas a cambios ejercidos sobre estos.

OA b

Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA f

Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

ACTITUDES

Pensar con consciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.

DURACIÓN

10 horas pedagógicas

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Observaciones al docente:

Es importante reforzar los aprendizajes logrados en 1° medio y 8° básico relativos a enlace químico, balance de ecuaciones químicas y tipos de reacciones químicas, en especial la combustión. Asimismo, conviene recordar lo trabajado en 7° básico sobre las leyes de los gases ideales.

Los alumnos leen el texto ubicado después de las preguntas y analizan la información:

- ¿Cuál es el significado de la frase “se presenta como gas en condiciones de temperatura y presión normales”? Se refieren a diagramas de fase y estado termodinámico de un sistema en estudio.
- Explican por qué se afirma que el proceso no es favorable termodinámica al comienzo y se requiere una llama o chispa para que ocurra la reacción de combustión del metano.
- Completan la tabla siguiente para representar la combustión del metano. Extraen el valor de la entalpía de tablas termodinámicas:

Tabla 1: Reacción de combustión de metano

	CH ₄ (g)	O ₂ (g)	→	CO ₂ (g)	H ₂ O (g)
Coefficiente estequiométrico					
Fórmula estructural					
Modelo CPK					
Polaridad de enlace					
ΔH _f ^o (kJ/mol) (extraen de tablas)					

Aprendiendo más del metano

El metano, conocido por su fórmula CH₄, es un gas inodoro, incoloro y poco soluble en agua, cuyo uso es masivo y cotidiano; se presenta en forma de gas, a una temperatura y presión normales.

Conocido también como “gas natural”, abunda en los depósitos subterráneos y bajo el lecho marino. Surge como producto final en las plantas tras la putrefacción anaeróbica; ese mismo proceso se usa para producir biogás. También se encuentra en las minas de carbón; ahí se lo llama “gas grisú” y es bastante peligroso, porque se inflama con facilidad y, por lo tanto, es explosivo.

El metano es una de las principales fuentes de energía térmica actuales. Ni olfato ni vista lo captan, por lo que se le suele agregar otros compuestos orgánicos azufrados –de un olor bastante intenso– antes de que enviarlo a los consumidores, de manera que se pueda detectar un posible escape.

La reacción de combustión del metano ha sido un reto para los químicos, pues ese gas es cinéticamente estable a la oxidación, igual que otros miles de compuestos derivados del carbono y el hidrógeno. Sin embargo, desde el punto de vista de la termodinámica, esa reacción no es favorable por sí misma, pues hay que aplicar una llama o chispa para que ocurra, lo que contrasta bastante con otros compuestos.

Otro punto importante es que el metano es uno de los gases de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.

Tabla 1: Reacción de combustión de metano

	CH ₄ (g)	O ₂ (g)	→	CO ₂ (g)	H ₂ O (g)
Coefficiente estequiométrico					
Fórmula estructural					
Modelo CPK					
Polaridad de enlace					
ΔH_f° (kJ/mol) (extraen de tablas)					

Observaciones al docente:

Se sugiere explicar qué es la entalpía de formación y los tres métodos para calcular la entalpía de reacción (a partir de entalpías de formación, de energías de enlace y de la ley de Hess).

Los alumnos estiman los valores y las correlaciones termodinámicas del sistema en estudio:

- Interpretan la tabla anterior y responden: ¿hay alguna relación entre la estructura y el ΔH_f° (kJ/mol) en cada especie química participante? ¿Se podría establecer una correlación entre estructura-polaridad y, a su vez, polaridad-energía?
- Usando los siguientes datos, calculan el valor de la entalpía de la reacción a partir de las energías de enlace.

Tabla 2: Energía de Enlace en kJ/mol

Enlace	Energía de enlace EE (kJ/mol)
C-H	413
O=O	494
C=O	801
H-O	482

- Estiman valores termodinámicos con un método matemático por etapas, discuten al respecto y extraen conclusiones.

- Otra forma de calcular la entalpía de combustión del gas metano es a partir de los valores de entalpía de combustión correspondientes a las reacciones sucesivas siguientes. Usan los siguientes datos y calculan el ΔH_{rx} :

Tabla 3: Reacciones sucesivas para cálculo por Ley de Hess

$C_{(grafito)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$	$\Delta H_{rx} = -393,5 \text{ kJ/mol}$
$H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$	$\Delta H_{rx} = -285,9 \text{ kJ/mol}$
$C_{(grafito)} + H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)}$	$\Delta H_{rx} = -74,8 \text{ kJ/mol}$

Considerando el ejercicio anterior, el curso argumenta sobre las preguntas y los desafíos siguientes y después comparten sus conclusiones:

- Analizan cada una de las ecuaciones químicas y corroboran si la estequiometría presentada corresponde a los valores de entalpía informados. Corrigen lo que corresponde.
- Construyen la ecuación de combustión de 1 mol de metano.
- Calculan la entalpía de combustión a partir de las entalpías de formación de cada sustancia. Comparan el valor arrojado con los que obtuvieron con los dos métodos anteriores.
- ¿Cómo se aplica la primera ley de la termodinámica para determinar la entalpía de combustión en los diferentes métodos trabajados?
- ¿Cuál es el fundamento termoquímico de la aplicación de la Ley de Hess y la Ley de Lavoisier-laplace en este caso?
- ¿Cómo se relaciona el estado físico con la energía de cada especie química?
- Comparan funciones de estado con funciones de proceso y analizan las diferencias.
- ¿Cómo se relaciona el calor con el concepto de entalpía en el sistema químico trabajado en el ejercicio anterior?
- ¿Qué propiedades termodinámicas tiene el metano que lo caracterizan como gas de efecto invernadero?
- ¿Qué influencia tiene la cantidad de sustancia en los valores de entalpía de una especie o sistema químico?

Observaciones al docente:

Para que los alumnos analicen las preguntas respecto de este tema, es fundamental:

- Reforzar el rol de los signos como una convención de lenguaje en el campo de la termoquímica, pues son esenciales para expresar el comportamiento de las variables termoquímicas de un sistema e interpretarlo.
- Enfatizar el rol de la estequiometría, dado que la mayor fuente de error en las estimaciones termoquímicas es la no igualación de reactivos y reactantes, además de las convenciones de signos.
- Recordar que la polaridad se puede considerar a nivel de enlace o molecular.
- Explicar que la relación entre polaridad se puede efectuar con las energías de enlace o de una reacción química.

Emisiones de metano

Siguiendo con el análisis del metano, ¿qué otros efectos tiene su uso?

Los estudiantes leen el artículo siguiente, publicado en 2016 por la revista Forbes:

“Gas metano contamina 84 veces más que el dióxido de carbono”

México, Canadá y Estados Unidos forman parte de los cinco países con mayores emisiones de metano, 84 veces más potente que el dióxido de carbono.

Imagen 1: Planta de emisiones de metano



Fuente: Forbes, México (2016). Recuperado de [www.curriculumnacional/link/https://www.forbes.com.mx/gas-metano-contamina-84-veces-mas-que-el-dioxido-de-carbono/](https://www.forbes.com.mx/gas-metano-contamina-84-veces-mas-que-el-dioxido-de-carbono/)

Aunque el gas natural se ha visto como una de las alternativas más amigables para el medioambiente en el proceso de transición energética, su fuga a la atmósfera es más dañina incluso que el dióxido de carbono (CO_2). Esto obedece a que el gas metano, que compone 95% de este energético, es un contaminante 84 veces más potente que el CO_2 ; por ende, contribuye mucho más al calentamiento global.

El metano, potente gas de efecto invernadero, es responsable del 25 % del calentamiento global actual, ya que las industrias petroleras y de gas representan la mayor fuente industrial de metano; así lo indica un estudio que hicieron el Centro Mario Molina, el Fondo de Defensa del Medio Ambiente y el Instituto Pembina sobre el impacto de ese gas en nuestro país, Canadá y Estados Unidos.

El análisis se refiere a “emisiones fugitivas de metano sin quemar, que se van básicamente cuando se hace mantenimiento a las tuberías, en fugas de tanques o cuando los quemadores (en la industria petrolera) no consumen completamente el gas y se fugan directamente a la atmósfera. El problema de las fugas de metano es que se trata de un gas de efecto invernadero mucho más poderoso”, explicó Francisco Barnés, director ejecutivo del Centro Mario Molina al presentar el documento.

Según el estudio, México, Canadá y Estados Unidos son tres de los cinco países con mayores emisiones de metano; en conjunto, representan casi 20 % de la contaminación global de metano proveniente de la industria petrolera y de gas.

En 2012 se escaparon cerca de 98 000 millones de metros cúbicos de metano de la cadena de suministro del petróleo y gas. Esta cantidad equivale a cerca de 3 % de la producción mundial de gas natural y su impacto climático a corto plazo es similar al que genera cerca de 40 % de la combustión global anual de carbón.

Para contrarrestar los efectos, Canadá y Estados Unidos están trabajando para reducir las emisiones de metano hasta 45% con regulaciones. Según los investigadores, “si México establece una meta similar respaldada por regulaciones, el efecto de toda Norteamérica en 20 años sería como remover 85 millones de automóviles de las calles (más del doble del total actual de automóviles en México). Reducir 45 % en las emisiones de gas metano de la industria del gas y el petróleo tiene el mismo impacto en el clima que cerrar una tercera parte de las plantas de carbón del mundo durante 20 años”.

El documento advierte que, si no se toma medidas, las emisiones globales de metano de la industria de petróleo y gas podrían aumentar casi 20 % para el año 2030, comparado con un aumento proyectado de 10 % de las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con el uso de energía.

Observaciones al docente:

Se sugiere abordar el manejo y la descripción de las propiedades intensivas y extensivas de un sistema, con énfasis en la relación materia-energía (suelen ejemplificarse mediante reacciones con datos termodinámicos conocidos) para que los alumnos argumenten tras analizar los resultados.

A partir del texto, analizan juntos los siguientes tópicos y después diseñan un afiche y lo exponen ante sus pares:

- ¿Qué características de contaminante tiene el metano y cuál es su real peligro actual? (mencionan vías de exposición y fuentes).
- ¿Cuál o cuáles son las razones por las que el efecto contaminante del metano parece peor que el provocado por el dióxido de carbono?
- ¿Qué rol productivo tiene Chile con respecto al metano? Hacen una investigación bibliográfica sobre empresas y sistemas de producción de la localidad o el país.
- ¿Qué factores termoquímicos pueden intervenir o controlarse en el sistema de producción de metano para mitigar efectos contaminantes?
- ¿Cuáles son los mecanismos en sistemas naturales de producción de metano? ¿De qué modo se emplean como servicios ecosistémicos?

Observaciones al docente

Los siguientes indicadores de evaluación, entre otros, pueden ser utilizados para evaluar formativamente:

- Diseñan perfiles energéticos de reacciones, químicas empleando factores termodinámicos y cinéticos para diversos contextos.
- Aplican modelos matemáticos al impacto termodinámico y cinético de reacciones químicas en estudio.
- Evalúan implicancias éticas, ambientales y sociales de la producción y el uso de contaminantes.
- Diseñan investigaciones sobre aspectos termodinámicos y cinéticos de fenómenos naturales o artificiales.

Recursos y sitios web

- Página correspondiente al artículo de interés respecto del metano en Chile: www.curriculumnacional/link/http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=483868
- Página de interés descriptivo sobre el metano: www.curriculumnacional/link/https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm
- Portal de la Fundación Vida Sostenible sobre impacto del metano: www.curriculumnacional/link/http://www.vidasostenible.org/informes/metano-vacas-y-cambio-climatico/
- Tutorial de termoquímica inicial de la Academia Osorio, España: www.curriculumnacional/link/https://unaquimicaparatodos.com/wp-content/uploads/2017/01/6.-TERMOQUÍMICA.-LIBRO-PRINCIPAL.pdf
- Página interactiva sobre termoquímica inicial y primera ley de la termodinámica: www.curriculumnacional/link/https://es.khanacademy.org/science/physics/thermodynamics/laws-of-thermodynamics/v/first-law-of-thermodynamics-internal-energy
- Página de FísicaLab sobre introducción a la termodinámica: www.curriculumnacional/link/https://www.fisicalab.com/apartado/primer-principio-termo#contenidos