

## OXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>)

**Pregunta a responder al final de la sesión:**

*¿Cómo se obtienen y qué tipo de reacciones pueden llevar a cabo el NO y NO<sub>2</sub>?*

### Introducción

El nitrógeno juega un papel fundamental en nuestras vidas, desde permanecer en la atmósfera evitando que esta sea rica en oxígeno y con ello permitir el desarrollo de las actividades de los seres vivos sin grandes riesgos de incendios, o bien como un contaminante en la propia atmósfera como consecuencia de la actividad industrial.

También gracias a la química del nitrógeno lo tenemos en compuestos como el nitrato de amonio cuyo uso en la agricultura ha sido enorme. Este compuesto también presenta propiedades de explosivo al tener al mismo tiempo nitrógeno muy oxidado y nitrógeno muy reducido. Por supuesto no hay que olvidar el trinitrotolueno (TNT).

En este último sentido se aprovechan estas propiedades óxido-reductoras para estudiar en esta práctica algunas de sus reacciones.

### Reactivos

Disolución ácida de sulfato ferroso (recientemente preparada)

Nitrito de sodio

Agua destilada

NaOH 1 M

O<sub>2</sub>(g)

Disoluciones acuosas diluidas, ( $\approx 10^{-2}$  M) recientemente preparadas, de KMnO<sub>4</sub>, Fe<sup>2+</sup>, KI, indicador universal.

### Material por equipo

Jeringas de plástico de 60 mL con tapón.

Llaves de 3 pasos o mangueritas de plástico

Charolitas de plástico

2 botellas de plástico para sostener las jeringas

Un matraz de 250 mL

Mangueras de hule delgadas de 0.5 mm de diámetro de 15 y 3 cm de largo adecuado a la boca de la jeringa.

Tubos de ensayo de 10 y 25 mL

Baño de hielo y baño de agua caliente

## Desarrollo experimental

### Obtención de NO

La obtención de NO es relativamente rápida y en 30 segundos se tiene llena una jeringa de 60 mL, siguiendo el método propuesto por Mattson, Bruce. Descrito en el apéndice de obtención de gases por el método de las jeringas.

- a) Utilizando 250 miligramos de  $\text{NaNO}_2$  (sólido) y 3 mL de disolución de sulfato ferroso ácido, por la mezcla de los reactivos en la jeringa con agitación vigorosa se produce rápidamente el NO. Al principio se observan trazas de  $\text{NO}_2$  de color café-rojizo pero pronto desaparecen. La disolución acuosa se va tornando negra. Se debe tener cuidado para suspender la generación de gas cuando la jeringa se llena, esto se hace destapando la jeringa mientras se sostiene hacia arriba. Rota la jeringa  $180^\circ$  para descargar la mezcla de reacción y enseguida tapa la jeringa. El monóxido de nitrógeno obtenido debe lavarse con agua.

Describe los cambios que observaste:

---

---

---

---

Sugiere las ecuaciones químicas balanceada que describen los cambios observados.

---

---

---

### Experimento 1.- Conversión cualitativa de NO a $\text{NO}_2$

En una jeringa seca y limpia transfiera 20 mL del NO anteriormente preparado. Enseguida jala 20 mL de aire en la misma jeringa que contiene el NO, tapa la mezcla de gases (si usas una llave ponla en la posición de cerrado) y pon atención a la reacción dentro de la jeringa y anota los cambios que observas, considera los valores de volumen inicial y final.

---

---

Sugiere la ecuación química que representa el fenómeno.

---

### Experimento 2.- Conversión cuantitativa de NO a $\text{NO}_2$

Prepara una jeringa de NO y lávala. Transfiere 20 mL de NO a otra jeringa que te hayas asegurado de que esté limpia y seca, usa una manguera de hule para conectar ambas jeringas que

también esté limpia y seca. Para lograr la transferencia, simultáneamente empuja y jala sobre las jeringas respectivas. Enseguida conecta la jeringa que contiene 20 mL de NO con la jeringa llena de O<sub>2</sub> también previamente lavado, empujando el émbolo de la jeringa de oxígeno hasta transferir lentamente 10 mL de O<sub>2</sub>. Anota los cambios que observas, considera que el volumen inicial debe ser de 30 mL y anota su valor luego de un par de minutos después de mezclarlos. Conserva la mezcla para el siguiente experimento.

NOTA: transfiere O<sub>2</sub>(g) a NO(g) nunca al revés.

---

---

Escribe la ecuación química balanceada que representa el fenómeno.

---

¿Cómo es el volumen del producto en relación con la suma de los volúmenes de los reactivos? Explica esto basándote en la reacción balanceada.

---

---

### Experimento 3.- Dimerización del NO<sub>2</sub>

El NO<sub>2</sub>, que es un gas café rojizo, se interconvierte en N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, que es un gas incoloro, en función de la temperatura. Sumerge la jeringa llena de NO<sub>2</sub> primero en un baño de hielo hasta notar un cambio de color y luego en un baño de agua caliente hasta notar el cambio. Anota los cambios que observas, considera los valores de volumen inicial y final.

---

---

Escribe la ecuación química balanceada del equilibrio entre el NO<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, utilizando estructuras de Lewis.

Explica en qué sentido la reacción es exotérmica y en qué sentido es endotérmica, en función de la ruptura o formación de enlaces.

---

---

#### Experimento 4.- Propiedades ácido base

Con la jeringa conteniendo el  $\text{NO}_2$ , succiona de 5 a 10 mL de agua destilada con indicador universal (asegúrate que el pH inicial es el adecuado), dentro de la jeringa, tápala y agita vigorosamente; añade más agua destilada en la jeringa hasta que desaparezca el color del gas. Anota los cambios que observas, considera los valores de volumen inicial y final.

---

---

Escribe la ecuación química de la reacción entre el  $\text{NO}_2$  y el agua:

---

#### Experimento 5.- Propiedades rédox

En un vial poner 5 mL de disolución acuosa diluida de  $\text{KMnO}_4$   
En otro vial colocar disolución acuosa diluida de KI

Conecta una manguera de hule a una jeringa conteniendo  $\text{NO}$  lavado y descarga el gas sobre un vial conteniendo una disolución de  $\text{KMnO}_4$ . Anota los cambios en reactivos y productos que puedes observar.

---

---

Escribe la ecuación química balanceada de la reacción que se llevó a cabo:

---

Conecta una manguera de hule a una jeringa conteniendo  $\text{NO}_2$  y descarga el gas sobre el vial que contiene la disolución de KI. Anota los cambios en reactivos y productos que puedes observar.

---

---

Escribe la ecuación química balanceada de la reacción que se llevó a cabo:

---

## Referencias bibliográficas

- 1.- Stanley E. Manahan, Introducción a la Química Ambiental, Editorial Reverté- UNAM, ISBN968-36-6707-4, 2007, pp 381-384, 414-420
- 2.-Rayner-Canham, G. *Química Inorgánica Descriptiva*, Pearson Educación, México 2000. ISBN 968-444-385-4.
3. Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Química Inorgánica*, 2ª Edición, Pearson Educación, México, 2006. ISBN 9788420548470.
- 4.- Lee, J. D., *Concise Inorganic Chemistry*, 5ª Edición, Wiley-Blackwell, Reino Unido, 1999.
- 5.- Wulfsberg, G. *Inorganic Chemistry*, University Science Books, California, Estados Unidos, 2000.

## Apéndice I.- Conocimientos previos

Conceptos oxidación y reducción, potencial electroquímico, estructuras de Lewis, regla del octeto de Lewis.

## Apéndice II.- Conocimientos previos

### Preparación de reactivos

Disolución ácida de sulfato ferroso, 13.5 g de la sal en 28 mL de agua y 12 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M.  
KMnO<sub>4</sub> 0.01 M, se pesan 0.158 g y se aforan a 100 mL.  
Fe<sup>2+</sup> 0.01 M, se pesan 0.126 g de FeCl<sub>2</sub> y se aforan a 100 mL.  
KI 0.01 M, se pesan 0.166 g de la sal y se aforan a 100 mL.

**Apéndice III.- Potenciales estándar de reducción**

Reacción	$E^{\circ}$ (V)
$2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.000
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^{-}$	-0.828
$\text{NO}_3^{-} + 2\text{H}^{+} + 1\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0.80
$2\text{NO}_3^{-} + 4\text{H}_2\text{O}^{+} + 3\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}$	+0.955
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Ag}$	0.800
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Al}$	-1.677
$\text{Au}^{+} + 1\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Au}$	1.68
$\text{Be}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Be}$	-1.70
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow 2\text{Br}^{-}$	1.06
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Ca}$	-2.76
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Cd}$	-0.403
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow 2\text{Cl}^{-}$	1.358
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Co}$	-0.28
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Cr}$	-0.557
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Cu}$	0.340
$\text{Cu}^{2+} + 1\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Cu}^{+}$	0.158
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Fe}$	-0.440
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Fe}$	-0.036
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.770
$\text{I}_2 + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow 2\text{I}^{-}$	0.5355
$\text{I}_3^{-} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow 3\text{I}^{-}$	0.5360
$\text{Li}^{+} + 1\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Li}^{\circ}$	-3.045
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Mg}$	-2.375
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Mn}$	-1.029
$8\text{H}^{+} + \text{MnO}_4^{-} + 5\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	-1.510
$2\text{H}_2\text{O} + \text{MnO}_4^{-} + 3\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{OH}^{-}$	0.595
$\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Na}$	-2.711
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Ni}$	-0.23
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Pb}$	-0.126
$\text{Pd}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Pd}$	0.83
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Pt}$	1.20
$\text{PtCl}_4^{2-} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Pt} + 4\text{Cl}^{-}$	0.73
$\text{Sc}^{3+} + 3\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Sc}$	-2.08
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Sn}$	-0.136
$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Ti}$	-1.63
$\text{V}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{V}$	-1.2
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \leftrightarrow \text{Zn}$	-0.763

### Apéndice III.- Disposición de residuos

Óxidos de Nitrógeno  
(ON) Obtención de NO

Agregar a la jeringa 250 mg  
de  $\text{NaNO}_2$ (sólido) y 3 mL de  
**sulfato ferroso ácido**

**D1ON**

Experimento 4:  
Propiedades ácido base

Agregar a la jeringa de **NO**  
de 5 a 10 mL de agua  
destilada

Experimento 5:  
Propiedades REDOX

Conectar la jeringa de **NO<sub>2</sub>** a  
un vial con solución de **KI**

Conectar la jeringa de **NO** a  
un vial con solución de  
**KMnO<sub>4</sub>**

**D2ON**

**D3ON**

Recomendaciones:

Los residuos **D1ON** y **D2ON** se neutralizan ya sea con ácido acético o con bicarbonato grado industrial y se desechan. **D3ON** se pone en medio básico hasta la aparición de precipitado café ( $\text{MnO}_2$ ) el cual se lleva a la Unidad de gestión ambiental.