



NATURALIS

BOLETÍN DEL DEPARTAMENTO DE
FÍSICA GENERAL Y QUÍMICA

No. 6 agosto de 2006

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



“¿QUÉ FÍSICA DEBE ESTUDIARSE EN INGENIERÍA?”

La Termodinámica Clásica.

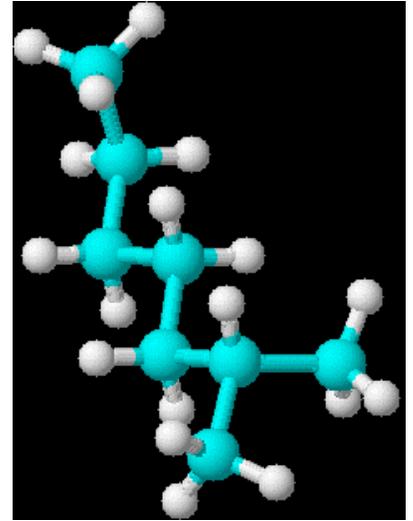
La Termodinámica Clásica, ¿qué hay detrás de este concepto? Por un lado, el concepto de Termodinámica suele definirse de diferentes maneras, algunas de ellas son:

- “Se trata de una ciencia que se ocupa en general de las transformaciones de la energía; por ejemplo, la conversión del calor en trabajo, o de la energía química en energía eléctrica”¹
- “La termodinámica es una ciencia física”²
- “Las predicciones de cuánta energía puede obtenerse del fluido de trabajo y de qué tan bien puede lograrse la extracción de energía del fluido de trabajo ocupan el área de la ingeniería conocida como termodinámica”³
- “La palabra Termodinámica procede de las palabras del griego *therme* (calor) y *dynamis* (fuerza)...teniendo que ver, en general, con la *energía* y con las relaciones entre las *propiedades* de la materia”⁴

en este sentido, una definición personal en un contexto simple es:

“La Termodinámica es una rama de la Física que estudia la relación existente entre lo que se conoce como calor, trabajo y las llamadas propiedades de la sustancia”

La Termodinámica Estadística se centra en el estudio del comportamiento del conjunto de moléculas que constituyen la sustancia de trabajo de manera independiente, y es estudiada por medio de un método estadístico; tiene que ver directamente con la estructura de la materia; se puede decir que el objetivo de este tipo de termodinámica radica en el hecho de caracterizar



Arreglo molecular

el comportamiento promedio de las partículas que forman parte de un sistema de interés y a su vez relaciona la información con el comportamiento macroscópico para el mismo sistema. Si se habla de situaciones tales como: láser, plasmas, cinética química, flujos de gases a alta velocidad, etc., la Termodinámica Estadística es lo fundamental.

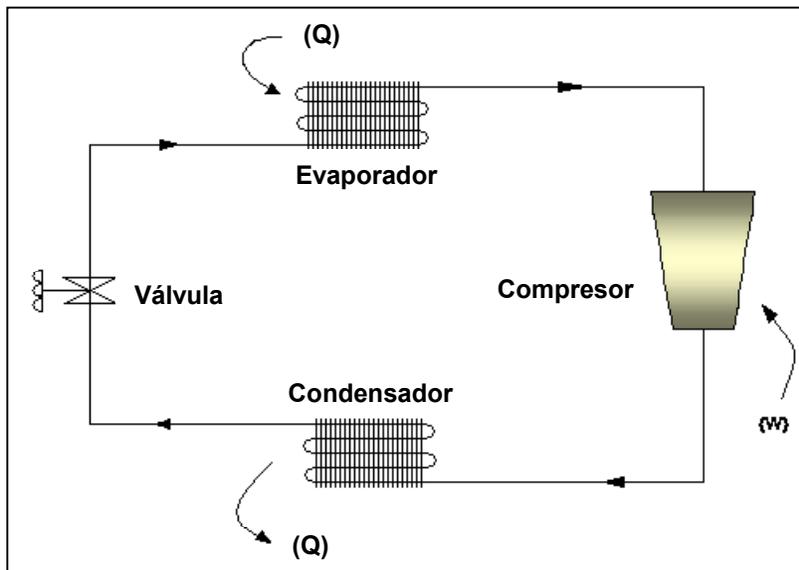
Ahora bien, recordemos que los inicios de la Termodinámica se dan en el siglo XIX gracias a la observación del comportamiento en el ámbito macroscópico de los sistemas, entiéndase el sistema como una porción del universo que se toma aparte para su estudio, de tal suerte que el origen se da desde el enfoque clásico. La termodinámica es fenomenológica, así pues, con base en la observación y experimentación se establecen los postulados y leyes que la rigen, y por lo tanto, mientras no se demuestre lo contrario, éstas seguirán siendo válidas.

Resulta entonces que la Termodinámica que se debe de estudiar en ingeniería es la clásica, aquella donde se considera un sistema bajo ciertas condiciones, en donde es posible la existencia de calor, trabajo y de las propiedades de la sustancia, en donde las manifestaciones son globales y no moleculares, en donde son aplicables los principios o leyes para la solución del problema.

Como ejemplo de lo anterior se puede señalar el llamado ciclo de refrigeración por la compresión de un vapor, que por cierto, este ciclo tiene una aplicación cotidiana, resulta ser que los refrigeradores caseros se

rigen por medio de este ciclo, así pues, se alcanza a notar la importancia de los aspectos de la Termodinámica desde el punto de vista macroscópico, esto es, la clásica.

Ciclo de refrigeración por la compresión de un vapor



El ciclo presentado nos muestra una serie de equipos termodinámicos tales como un compresor, un condensador, una válvula y un evaporador, a través de ellos circula una sustancia de trabajo, que resulta ser un refrigerante, y debido a la combinación de todo lo anterior se manifiestan tanto el calor como el trabajo, para los ingenieros es de gran importancia el conocimiento de estas manifestaciones no tanto así el comportamiento molecular de la sustancia o de los efectos presentes, no se quiere decir que la Termodinámica Estadística no sea importante, de hecho es muy valiosa, sin embargo es de mayor provecho para los ingenieros la clásica.

- ¹ Burghardt, M. David, *Ingeniería Termodinámica*, 2ª edición, Harla, pág. 9.
- ² Black, William Z., Hartley, James G., *Termodinámica*, 1a edición, CECSA, pág. 23.
- ³ Haberman, William L., John, James E. A., *Termodinámica para ingeniería con transferencia de calor*, 1ª edición, Trillas, pág. 11.
- ⁴ Morán, M. J., Shapiro, H. N., *Fundamentos de Termodinámica Técnica*, 2ª edición, Reverté, pág. 1.
- ⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution

Ing. Agustín Hernández Quintero
Coordinador del Departamento de Física General y Química de la DCB
de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

“¿LLUVIA ÁCIDA O LLUVIA DE ÁCIDO?”

Cuando escuchamos hablar de la lluvia ácida nos podríamos imaginar que literalmente cae algún ácido del cielo, sin embargo, el término lluvia ácida se utiliza para denominar un fenómeno complejo que sucede en la atmósfera y cuya consecuencia final es la presencia de lluvia con un grado mayor de acidez de la que se esperaría encontrar en sitios incontaminados.

Normalmente en la atmósfera se encuentran presentes, en cantidades muy pequeñas, algunas especies muy solubles en agua, como dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que al contacto con el vapor de agua reaccionan y forman iones en solución, uno de estos iones es el ion hidronio, (H₃O⁺) y a él se debe la acidez de la lluvia. Pero, ¿qué es la acidez? La acidez o la basicidad de las disoluciones acuosas se mide en función de la concentración del ion hidronio, en una escala llamada pH. El pH se define como el menos logaritmo base diez de la concentración molar del ion hidronio:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

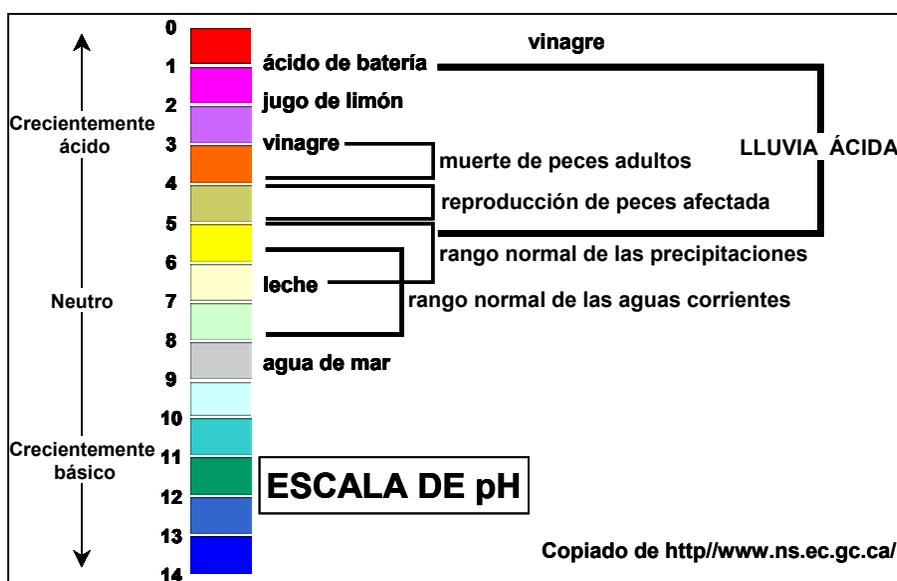


Figura 1: Valores de pH de algunas disoluciones comunes. Nótese el rango de pH que cubre el agua de la lluvia ácida.¹

Como se observa en la Figura 1, la escala de pH va del cero al catorce: mientras más bajo es el valor, más ácida es la disolución y entre más grande, más básica; el valor igual a siete se dice que es neutro (como el

agua pura); además, en la misma figura se proporcionan valores de pH del agua de lluvia ácida y de algunas disoluciones acuosas comunes.

La lluvia que cae en sitios incontaminados es de por sí ligeramente ácida, ya que su pH se encuentra entre 5.6 y 6.5² y esto se debe a la presencia en el agua de ácido carbónico disuelto, que resulta de la reacción del dióxido de carbono atmosférico con el agua. El pH de la lluvia ácida es menor que 5.5 y en lugares contaminados se ha llegado a niveles de pH menores a 3, por ejemplo, en la Ciudad Universitaria ubicada en el Distrito Federal, en México, una muestra de agua de lluvia registró un pH de 2.95.³

Los responsables de que el agua de lluvia sea más ácida de lo que se esperaría son los contaminantes atmosféricos: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos, partículas sólidas y, sobre todo, óxidos de azufre (SO_x). Estos contaminantes provienen en su mayor parte de las emisiones de los vehículos y de la quema de combustibles fósiles en la industria, ya que los combustibles fósiles como la gasolina, el diesel y el combustóleo contienen compuestos de azufre que, durante la combustión en motores de combustión interna o en calderas, generan dióxido de azufre que al reaccionar con el agua de la atmósfera forman ácidos fuertes. Los compuestos de nitrógeno presentes en el petróleo y en el carbón se transforman en óxidos de nitrógeno, que también acidifican la lluvia. Así, el fenómeno de la lluvia ácida se presenta preferentemente en zonas industrializadas, aunque el agua acidificada de las nubes puede recorrer muchos kilómetros y precipitarse en zonas incontaminadas, como montañas y bosques (Figura 2).

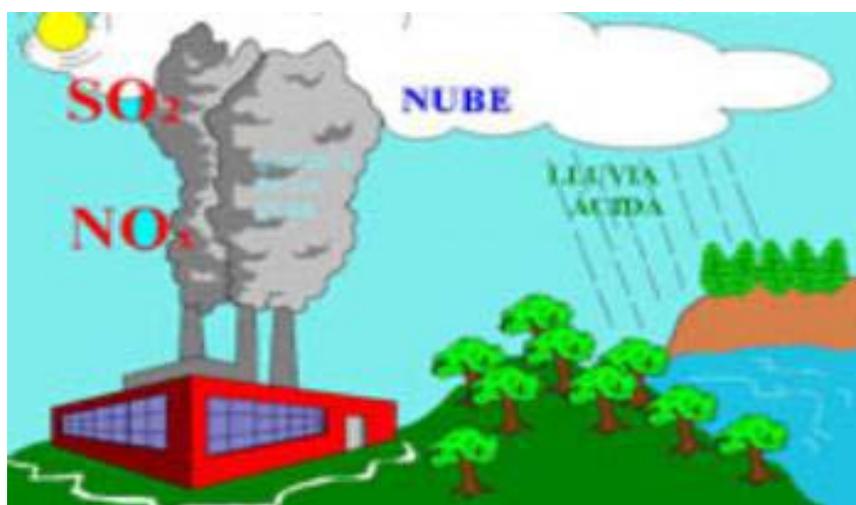


Figura 2. Formación y precipitación de la lluvia ácida.⁴

De forma simplificada, el mecanismo que transforma el dióxido de azufre en ácido sulfúrico es el propuesto por Schwartz:⁵

Los compuestos con azufre se oxidan consecutivamente para formar al final el dióxido de azufre.	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
El dióxido de azufre reacciona con el agua atmosférica y se forma ácido sulfuroso, un compuesto soluble en agua.	$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$
Se disocia el ácido sulfuroso en el agua de la atmósfera dando iones bisulfito e hidronio, lo que disminuye el pH del agua.	$H_2SO_3 + H_2O \rightarrow HSO_3^- + H_3O^+$
El dióxido de azufre puede oxidarse a trióxido de azufre en presencia de oxígeno y del radical libre hidroxilo, este último generado como parte del “esmog” fotoquímico.	$SO_2 + \cdot OH \rightarrow HSO_3\cdot$ $HSO_3\cdot + O_2 \rightarrow HO_2\cdot + SO_3$
También, el dióxido de azufre puede oxidarse a trióxido de azufre en presencia de ozono y de partículas suspendidas. El trióxido de azufre se combina con el agua atmosférica para formar ácido sulfúrico, que a su vez se disocia en el agua dando iones hidronio (que acidifican la lluvia) y bisulfato.	$SO_2 + O_3 \rightarrow SO_3 + O_2$ $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ $H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$

La lluvia ácida es indeseable por sus efectos nocivos sobre la salud de los seres vivos y el equilibrio de los ecosistemas. Algunos en particular son:

- La “lepra de las piedras”, que se refiere a la corrosión de las piedras causada por la lluvia ácida, en especial se disuelve el mármol de esculturas o de elementos arquitectónicos. El término de “lepra de las piedras” se utiliza para denotar el proceso de degradación que sufren las piedras de algunos monumentos debido al fenómeno de la lluvia ácida. Los monumentos hechos de piedras como mármol o caliza literalmente se están disolviendo al reaccionar químicamente con los compuestos ácidos presentes en la lluvia. En México, monumentos como el Palacio de Bellas Artes y otros monumentos artísticos corren serio peligro de desaparecer (Figura 3)



Figura 3. Efectos de la lluvia ácida en monumentos artísticos: “La estatua de la reina española y el busto de Tomás Soley, en el parque España, así como la estatua de Daniel Oduber, al costado noreste del parque Morazán, están deterioradas por la lluvia ácida”.⁶

- Destrucción de tierras forestales y de cultivo. El ácido sulfúrico, por ejemplo, provoca un descenso en la concentración de calcio en los suelos y los árboles mueren por deficiencias de nutrientes.
- Muerte de organismos acuáticos, incluso es posible identificar lagos acidificados pues su agua es muy cristalina al no haber nada vivo en ella.
- Trastornos a la salud, como son irritación de las mucosas de ojos y nariz, agravamiento de los episodios de asma.
- Se corroen metales, papel, telas, cuero, pinturas, etc., lo que provoca alteración del color, durabilidad y textura de obras de arte y construcciones.

Bibliografía

- ¹ http://www.unizar.es/actividades_fg/lluvia_acida_efectos/index.php
- ² Ruiz Loyola, Benjamín, Gabriela García González, Palmira Ramírez Montes de Oca, Rumi Tsumura García, Diana Segura. *¿Cómo se forma la lluvia ácida? Una experiencia sencilla para un fenómeno complejo. Educación Química*, **1997**, 8 (3), 168-170.
- ³ Bravo, H., R. Sosa y R. Torres. *Ciencias*, **1991**, 22, 33-40.
- ⁴ http://www.energia.gob.mx/wb2/Sener/Sene_571_lluvia_acida
- ⁵ Schwarz, T. A, D. M. Bunce, R. G. Silberman, C. L. Stanitski, W. J. Stratton, A. P. Zipp. *Chemistry in Context*. Wm. C. Brown Publishers, **1994**, 151-178.
- ⁶ http://www.nacion.com/ln_ee/2006/mayo/20/pais8.html.

Chang, Raymond. *Química 7a. ed.* México, McGraw-Hill, **2002**, 606.

Fernández Flores, Rafael, editor. *La Química en la sociedad*. UNAM. Facultad de Química, **1994**, 33-34.

Ing. Gerardo Pacheco Hernández
Jefe de Sección Académica de Termodinámica en la DCB
de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

“ILUMINACIÓN: MAGNITUDES Y UNIDADES DE MEDIDA”

La luz, al igual que las ondas de radio, los rayos X o los gamma es una forma de energía. Si la energía se mide en joules (J) en el Sistema Internacional, para qué necesitamos nuevas unidades. La razón es más simple de lo que parece. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, un foco se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

Flujo luminoso

Para hacernos una primera idea consideraremos dos focos, uno de 25 W y otro de 60 W. Está claro que el de 60 W dará una luz más intensa. Pues bien, esta es la idea: ¿cuál ilumina más? o dicho de otra forma ¿cuánto ilumina cada foco? Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por el foco, de la cual sólo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso. Podríamos medirlo en watts (W), pero parece más sencillo definir una nueva unidad, el **lumen**, que tome como referencia la radiación visible. Empíricamente se demuestra que a una radiación de 555 nm de 1 W de potencia emitida por un cuerpo negro le corresponden 683 lumen. Se define el **flujo luminoso** como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama **equivalente luminoso de la energía** y equivale a: 1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

Flujo luminoso	Símbolo: Φ
	Unidad: lumen (lm)

Intensidad luminosa

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo un foco, en todas las direcciones del espacio. Pero, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa. Se conoce como **intensidad luminosa** al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd).

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

Iluminancia

Quizás haya jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver que está fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia. Se define **iluminancia** como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2 .

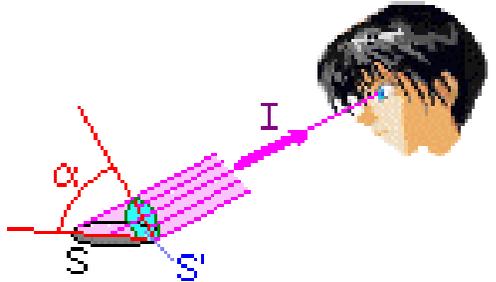
Iluminancia $E = \frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E	$\text{lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$
	Unidad: lux (lx)	

Existe también otra unidad, el *foot-candle* (fc), utilizada en países de habla inglesa cuya relación con el lux es: $1 \text{ fc} \approx 10 \text{ lx}$. En el ejemplo de la linterna ya pudimos ver que la iluminancia depende de la distancia del foco al objeto iluminado. Es algo similar a lo que ocurre cuando oímos alejarse a un coche; al principio se oye alto y claro, pero después va disminuyendo

hasta perderse. En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas.

Luminancia

Hasta ahora hemos hablado de magnitudes que informan sobre propiedades de las fuentes de luz (flujo luminoso o intensidad luminosa) o sobre la luz que llega a una superficie (iluminancia). Pero no hemos dicho nada de la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. De esto trata la luminancia. Tanto en el caso que veamos un foco luminoso como en el que veamos luz reflejada procedente de un cuerpo, la definición es la misma. Se llama **luminancia** a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2 . También es posible encontrar otras unidades como el stilb ($1 \text{ sb} = 1 \text{ cd}/\text{cm}^2$) o el nit ($1 \text{ nt} = 1 \text{ cd}/\text{m}^2$).

Luminancia $L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}}$	Símbolo: L	
	Unidad: $\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$	

Es importante destacar que sólo vemos luminancias, no iluminancias.

Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

Ya mencionamos al hablar del flujo luminoso que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (bombilla, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación invisible (infrarrojo o ultravioleta), etc. Para hacernos una idea de la porción de energía útil definimos el **rendimiento luminoso** como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W...). Mientras mayor sea, mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por cada watt (lm/W).

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η	Eficiencia = $\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

Cantidad de luz

Esta magnitud sólo tiene importancia para conocer el flujo luminoso que es capaz de dar un flash fotográfico o para comparar diferentes lámparas según la luz que emiten durante un cierto periodo de tiempo. Su símbolo es Q y su unidad es el lumen por segundo (lm·s).

Cantidad de luz $Q = \Phi \cdot t$	Símbolo: Q
	Unidad: lm·s

Tomado de: <http://edison.upc.es/curs/llum/fotometria/magnitud.html>
 © Javier García Fernández, Oriol Boix

Ing. Martín Bárcenas Escobar (martin_b_e@yahoo.com.mx)
Prof. de Carrera Titular "A" de Tiempo Completo en el Área de Física General
de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

Quien hace sin saber,
destruye más de lo que construye.
 Mahoma

¡ BIENVENIDA
GENERACION 2007!

<http://dcb.fi-c.unam.mx/boletines/Fisica/index.phtml>

naturalis777@yahoo.com.mx