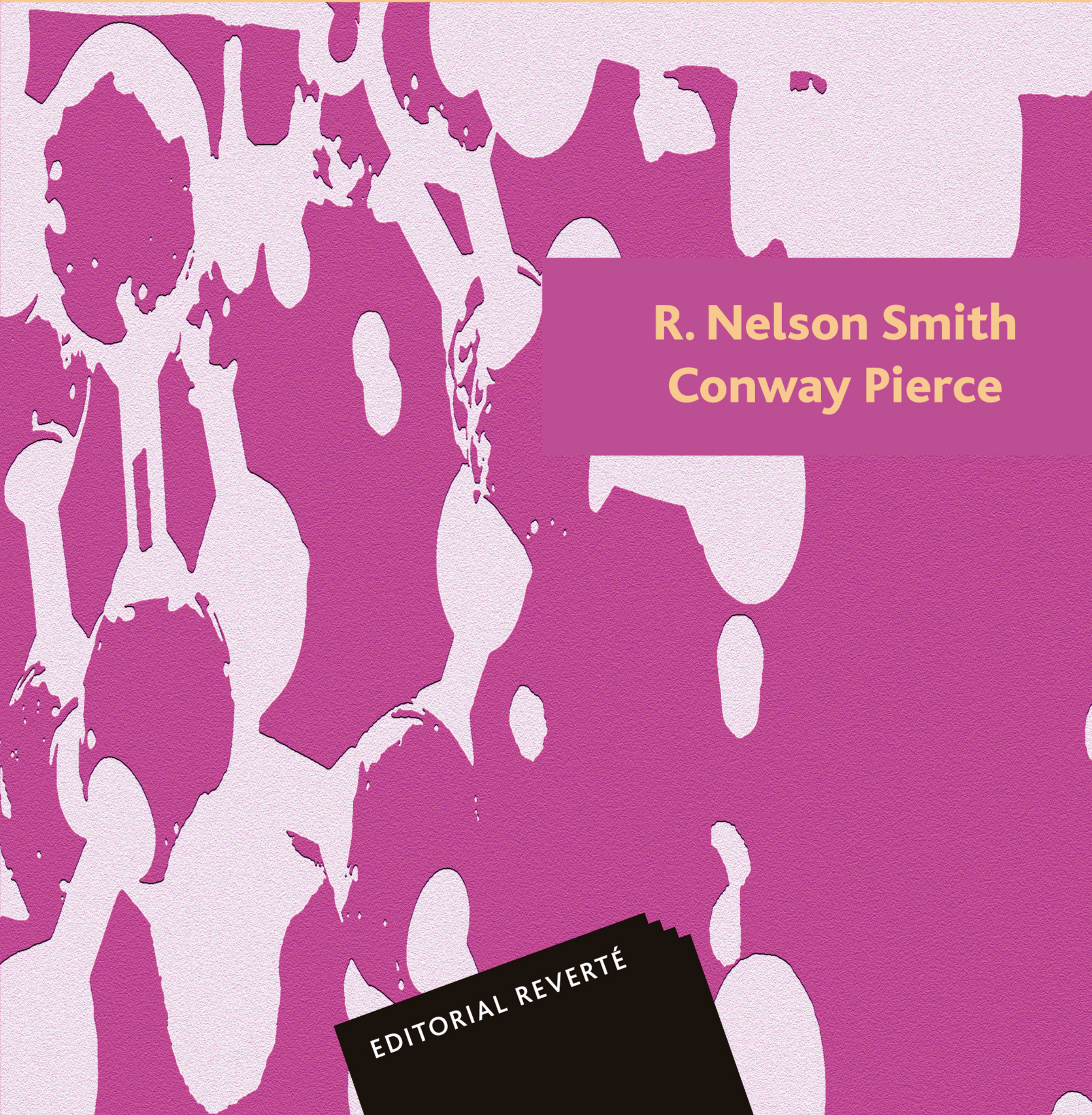
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE QUÍMICA GENERAL



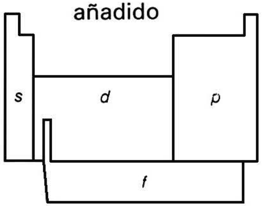
R. Nelson Smith
Conway Pierce

EDITORIAL REVERTÉ

Tabla periódica de los elementos

1	1 H 1.0																	2 He 4.0
2	3 Li 6.9	4 Be 9.0											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
3	11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 39.9
4	19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.8	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
5	37 Rb 85.5	38 Sr 87.6	39 Y 88.9	40 Zr 91.2	41 Nb 92.9	42 Mo 95.9	43 Tc [99]	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	104 Rf [261]	105 Ha [260]													
				58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm [145]	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.2	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	
				90 Th 232.0	91 Pa [231]	92 U 238.0	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [254]	100 Fm [257]	101 Md [256]	102 No [254]	103 Lr [256]	

Orbital del último electrón añadido



No metales

Metales s-p

Metales de transición

Metales de tierras raras

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

DE

QUÍMICA GENERAL

R. Nelson Smith
Pomona College

Conway Pierce
Late of University of California, Riverside

EDITORIAL
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

Título de la obra original:
Solving General Chemistry Problems, Fifth Edition

Versión original en lengua inglesa publicada por:
Freeman and Company, San Francisco

Versión española por:
Dr. Miguel Gayoso Andrade
Catedrático de Química Inorgánica
Facultad de Ouímica de la Universidad de Santiago de Compostela

Edición en español
© **EDITORIAL REVERTÉ, S.A.**

Edición en papel:
© EDITORIAL REVERTÉ, S. A., 1991
ISBN 978-84-291-7529-5

Edición e-book (PDF):
© EDITORIAL REVERTÉ, S. A., 2023
ISBN 978-84-291-9749-5

Propiedad de:
EDITORIAL REVERTÉ, S.A.
Loreto, 13-15, Local B
08029 Barcelona
Tel: (34) 93 419 33 36
e-mail: reverte@reverte.com
www.reverte.com

Prefacio

Con el nacimiento de las calculadoras y el desuso de la regla de cálculo la enseñanza de la Química General entró en una nueva era. Por desgracia, la calculadora no trajo consigo la comprensión automática de la Química; analizar y resolver los problemas continúa siendo tan difícil como siempre. La necesidad de explicaciones detalladas, ejercicios y problemas de repaso no ha desaparecido todavía.

La calculadora entró en escena justamente cuando la sociedad estaba empezando a tomar decisiones importantes basadas en una evidencia estadística. ¿Qué productos químicos son «inocuos» y «no cancerígenos»? ¿A qué nivel es «nocivo» un determinado agente contaminante? Cada vez más los químicos han de decidir qué es lo que constituye peligro, y esta decisión está basada en la estadística. Las técnicas analíticas actuales permiten determinar cantidades de sustancia increíblemente pequeñas y los resultados de estos análisis han de ser interpretados estadísticamente. Los estudiantes han de empezar tan pronto como sea posible a interpretar, con sentido crítico y visión estadística, su propio trabajo y el de los demás. La calculadora hace relativamente sencillo determinar el significado estadístico, representar adecuadamente los datos por el método de los mínimos cuadrados y evaluar la fiabilidad de las magnitudes que están relacionadas con la pendiente y la ordenada en el origen de estas representaciones. En este libro se tiene en cuenta el impacto de la calculadora. Enseña a los principiantes a hacer un uso eficaz de la misma y, a medida que avanzan, a determinar si los resultados son estadísticamente significativos o no.

Este libro será útil a aquellos alumnos que empiezan a estudiar Química y tienen dificultades al analizar los problemas y encontrar soluciones lógicas o que tienen dificultades con las representaciones gráficas y su interpretación o simplemente que han olvidado temas tales como los logaritmos o las operaciones matemáticas básicas. También será de utilidad para aquel estudiante que busque problemas y explicaciones adicionales con el fin de alcanzar una mejor comprensión de los conceptos y preparar sus exámenes.

Los profesores encontrarán que el libro cubre más que satisfactoriamente las necesidades de ayuda y orientación de aquellos alumnos que carezcan de confianza o de preparación básica. Complementará las partes más flojas del libro de texto que se haya elegido y, en general, proporcionará una variedad de problemas mucho más amplia. Permitirá a los profesores dedicar parte del tiempo de clase a una discusión más completa de los principios generales, puesto que los alumnos podrán estudiar los detalles de los problemas al resolver los que se plantean en el libro. Además, proporciona a los alumnos la base necesaria para comprobar la bondad y la fiabilidad de su trabajo cuantitativo de laboratorio y explica el tratamiento gráfico adecuado de los datos y la forma de comprobar la calidad de las magnitudes obtenidas de las gráficas. Por último, proporciona un método para resolver el en ocasiones desconcertante problema de cómo preparar compuestos y cómo predecir si una reacción tendrá lugar o no.

Puesto que RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE QUÍMICA GENERAL es un complemento del libro de texto y del manual de laboratorio que se utilicen en un curso introductorio de Química, se ha escrito de manera que los capítulos se puedan tomar en el orden que mejor se adapte al libro de texto o a los intereses del profesor. La interdependencia existente entre los capítulos es la misma que se encontrará en cualquier texto.

Si bien a lo largo de todo el libro se insiste en el empleo de unidades, hemos decidido no elegir de modo exclusivo las unidades SI; casi ninguno de los textos corrientes lo hace y una encuesta informal entre profesores de Química indicó poco interés en realizar este cambio. Si alguien es partidario del otro punto de vista puede transformar, fácilmente, las unidades de las soluciones al SI, o bien hacer los problemas en las unidades que desee. El método de cálculo y los procedimientos analíticos no se verán afectados por ello.

Algunos profesores pueden estar interesados en conocer en qué se diferencia esta quinta edición de la cuarta. Dos cambios importantes son la adición de un capítulo de cinética química (capítulo 15) y la sustitución de todo lo que hacía referencia a la regla de cálculo por una discusión de la aplicación de las calculadoras y de su uso eficaz. En el capítulo 7 no se considera el peso específico y en su lugar se discuten la aplicación de los principios del poder ascensional a la pesada exacta. Las representaciones gráficas del capítulo 6 se han ampliado con el fin de incluir el método de los mínimos cuadrados y el cálculo de la fiabilidad de las pendientes y las ordenadas en el origen de las líneas de mejor ajuste. El tema de termoquímica (capítulo 14) se ha ampliado con la introducción de las variaciones de energía a volumen constante, además de a presión constante. Los problemas y conceptos relacionados con la variación de energía libre se tratan juntamente con la energía producida en las células electroquímicas y se relacionan con las entalpías y entropías de reacción. También se incluyen las entropías absolutas. La aplicación de las leyes de Faraday a las células electrolíticas se ha separado del resto de la electroquímica y se ha agrupado en un capítulo (capítulo 19). El capítulo 9, que hace referencia a los tamaños y las formas de las moléculas, contiene ahora un conjunto de reglas que permiten predecir la forma molecular, y estas reglas se relacionan con los orbitales híbridos que mantienen unidos a los átomos. Aun cuando los métodos para resolver los problemas y las líneas generales de razonamiento continúan siendo los mismos que en la cuarta edición, el texto ha sido reescrito de modo sustancial.

Conway Pierce, coautor de las cuatro primeras ediciones del libro y coautor de las cuatro primeras ediciones de Quantitative Analysis, publicado por John Wiley and Sons, *falleció el 23 de Diciembre de 1974. El profesor Pierce fue un valioso amigo, un estimulante maestro y un original investigador cuya contribución a la Química y a la Enseñanza de la Química se prolongó durante más de cincuenta años. Espero que esta edición del libro refleje el aspecto siempre en evolución de la Química, manteniendo la forma de expresión clara, sencilla y directa por la que se hizo famoso Conway Pierce.*

R. Nelson Smith

1

Cómo estudiar y razonar los problemas

Para muchos estudiantes el primer curso de Química será una experiencia nueva —quizás una experiencia difícil. Para entender la Química será necesario resolver cientos de problemas. A muchos estudiantes la parte matemática del curso les parecerá mucho más difícil de lo que debiera, llevándolos a una frustración innecesaria. Las fuentes más importantes de frustración parecen ser dos, y se centran en (1) los hábitos de estudio, y (2) el modo de analizar un problema y proceder a su resolución. Las sugerencias que se hacen a continuación, tomadas con seriedad desde el principio, pueden constituir una gran ayuda. Para la mayor parte de los alumnos la mejora de los hábitos de estudio y de la técnica de resolución de problemas se alcanza únicamente con la práctica, después de haber realizado un determinado esfuerzo durante un largo período de tiempo. Merece la pena.

HÁBITOS DE ESTUDIO

1. Aprenda un tema antes de pasar a uno nuevo. La Química tiene una estructura vertical, es decir, los conceptos nuevos se apoyan en la materia anterior. El curso es acumulativo por naturaleza. No se debe dejar nada de lado esperando aprenderlo más adelante y no hay que retrasar el estudio hasta la fecha del examen. El consejo es: mantenerse al día.
2. Hay que saber las operaciones *matemáticas* necesarias para resolver los problemas. En Química General se hace uso de una matemática sencilla, que incluye tan sólo aritmética y álgebra elemental. Sin embargo, si no se conoce, las dificultades aparecerán pronto. En consecuencia, antes de empezar con la Química, es necesario manejar las operaciones matemáticas que figuran en los seis primeros capítulos.

3. No crea que su calculadora es la varita mágica que le proporcionará visión, claridad y comprensión de los problemas. La calculadora hará que sea mínimo el tedio y el tiempo dedicado a la *mecánica* del problema, permitiendo dedicarle más tiempo a *pensar* acerca del mismo. En principio, con la calculadora es menos probable cometer un error matemático, pero no ayudará en la elección del procedimiento correcto para resolver el problema. Muchos estudiantes hacen una considerable inversión en la adquisición de una potente calculadora y después no aprenden a hacer uso de todas sus posibilidades y de su capacidad de ahorro de tiempo. Merece la pena aprender desde el principio a manejar bien y con facilidad esta herramienta, lo que permitirá dedicar más tiempo a la comprensión de los principios y de los problemas. En este libro se hace énfasis en el empleo ordenado y eficaz de la calculadora.

4. La materia que memorice ha de ser la menos posible. Limítese a aprender de memoria aquellos hechos y principios básicos que permitan razonar la resolución de los problemas. Este mínimo apréndalo realmente bien; después centre su atención en cómo utilizarlo de un modo lógico y efectivo. Demasiados estudiantes tratan de aprender la Química de memoria; esto puede resultar fatal.

5. *Antes* de resolver los problemas estudie los apuntes de clase y los capítulos correspondientes del libro de texto hasta que considere que entiende los hechos y principios que se relacionan en ellos. Intente resolver los problemas sin hacer uso del texto, los apuntes o la ayuda de un compañero. Si no es capaz, ayúdese del texto, de los apuntes o de un compañero de clase, o bien pregúntele a un alumno de un curso superior. Sin embargo, sea consciente de que ha resuelto el problema con ayuda y que es muy posible que aún no lo endienda. Unos días más tarde, trate nuevamente de resolver el problema, o uno parecido, con el fin de comprobar si puede resolverlo sin ayuda, como le sucederá el día del examen. La discusión de los problemas ayuda a grabar los principios en la memoria y a ampliar los conceptos pero, por sí misma, no garantiza los conocimientos necesarios para resolverlos.

6. Cuando le devuelvan los ejercicios y encuentre que algún problema está equivocado (a pesar de sus esfuerzos) haga algo al respecto, y pronto. No se limite a echarle una ojeada al problema equivocado, lamentarse por lo que cree que fue un error tonto y suponer que sabe cómo resolverlo correctamente. *Quizás* haya sido un error tonto, pero hay una gran probabilidad de que no lo haya sido. Haga de nuevo el problema en un papel (sin ayuda) y compruébelo. Si no es capaz de encontrar la causa del error, busque ayuda. A menudo hay tanto, o más, que aprender cometiendo errores (al aprender por qué no se hacen las cosas de un modo determinado) que conociendo un procedimiento aceptable de resolver los problemas sin entenderlo del todo. No obstante, el momento adecuado para aprender de los errores es *antes* de los exámenes, cuando se hace el trabajo en casa.

7. Los días anteriores al examen repase todos los problemas que haya hecho. Trate de clasificarlos en un número relativamente pequeño de *tipos* de problemas. Aprenda a reconocer cada tipo y conozca un método sencillo y directo para resolverlo. Reconocer el problema (no la mecánica de su resolución) es, con frecuencia, la mayor dificultad que hay que superar. En la mayoría de los casos hay sólo unos pocos tipos de problemas relacionados con cada tema.

8. Asegúrese de que entiende la materia antes de empezar a familiarizarse con ella (¡hay una enorme diferencia!). Sin ninguna ayuda exterior, compruebe si puede escribir algo acerca del tema de una forma clara, concisa y convincente. La acción de escribir constituye uno de los mejores procedimientos para fijar una cosa en la memoria, y es la misma

técnica que empleará en un examen. Muchos alumnos creen que la lectura repetida de un determinado tema es lo único que se necesita para aprenderlo; por desgracia, esto es verdad tan sólo para unos pocos estudiantes. La mayor parte de la gente leerá las palabras de la misma forma todas las veces; si no lo ha entendido a la segunda o tercera lectura, las lecturas posteriores probablemente serán una pérdida de tiempo. En lugar de empezar una cuarta lectura consulte el libro de texto y apunte en un papel las palabras que representan los nuevos principios, conceptos o ideas. A continuación compruebe si, con el libro cerrado, es capaz de escribir un breve «comentario de tres frases» sobre cada uno de esos tópicos. Esto constituye un método de trabajo demasiado simplificado (y no tan fácil como parece), pero aumenta la visión y la comprensión de un tópico determinado. Ayuda a expresarse de forma parecida a un examen en un momento en el que, sin temor a que nos llamen la atención, se puede consultar lo que no se sepa. Si para escribir el comentario necesita hacer alguna consulta, inténtelo de nuevo unos días más tarde hasta estar seguro de que lo puede hacer sin ayuda.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1. Antes de resolver un problema hay que entenderlo. Léalo con cuidado y no salte a las conclusiones. No corra el riesgo de interpretarlo equivocadamente. Aprenda a reconocer el tipo de problema.
2. Si no entiende el significado de algunas de las palabras o de los términos que aparecen en los problemas, consúltelo en el texto o en un diccionario. No lo suponga.
3. En aquellos problemas que tienen un enunciado muy largo o que incluyen una descripción escriba de nuevo el enunciado empleando un número mínimo de palabras que exprese la verdadera esencia del problema.
4. Algunos problemas proporcionan más información de la que se necesita para su resolución. Aprenda a seleccionar lo necesario y a ignorar el resto.
5. Cuando resulte conveniente, haga un diagrama sencillo (con nombres) de cómo se relacionan las diferentes partes del problema.
6. De modo específico seleccione (a) lo que se da, (b) lo que se pregunta.
7. Busque una relación (un concepto o una expresión matemática) entre lo que se da y lo que se pregunta.
8. Resuelva el problema de un modo conciso, lógico y paso a paso, indicando las unidades de todos los términos y de todos los factores.
9. No trate de encajar todos los problemas dentro de una irracional «proporción», procedimiento que puede haber aprendido en un curso elemental. Hay muchas clases de proporciones, no una sola. La resolución de problemas por medio de proporciones está basada en la intuición, no en la lógica. Su uso constituye un obstáculo para el progreso intelectual dentro de una ciencia.
10. *Piense* la respuesta. Compruebe si está expresada en las unidades que se piden, y si su magnitud es razonable para la información que se da. En caso contrario repase y trate de localizar el error.

2

Notaciones numéricas, operaciones aritméticas, y calculadoras

NOTACIÓN DECIMAL

Una representación corriente de los números es la *notación decimal.* Los números tan grandes como 807267434,51 y 3500000, y números tan pequeños como 0,00055 y 0,0000000000000000248 son ejemplos típicos. A menudo resulta complicado usar la notación decimal y resulta muy embarazosamente fácil cometer errores al realizar operaciones matemáticas bajo esta forma. La mayor parte de las calculadoras manuales no aceptan, a través de su teclado, números muy grandes o muy pequeños en notación decimal.

NOTACIÓN CIENTÍFICA

Otra forma corriente, pero más sofisticada, de representar los números es la *notación científica.* Esta notación minimiza la tendencia a cometer errores en las operaciones aritméticas; se usa ampliamente en química. Es imperativo familiarizarse con su empleo. Las calculadoras de mano *aceptarán,* a través de su teclado, números muy grandes o muy pequeños en notación científica. Para un uso fácil y correcto de esta notación es necesario entender los párrafos que vienen a continuación.

Un *exponente* es un número que indica cuántas veces aparece como factor un número dado (llamado *base*); los exponentes se escriben en forma de superíndices. Por ejemplo,

10^2 indica $10 \times 10 = 100$. El número 2 es el exponente; el número 10 es la base, que se dice que está elevada a la segunda potencia. Análogamente, 2^5 indica $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$. En este caso el exponente es 5 y 2 es la base, que está elevada a la quinta potencia.

Es sencillo expresar un número cualquiera en forma exponencial, como el producto de otro número y una potencia de 10. Para las potencias enteras de 10 tenemos $1 = 1 \times 10^0$, $10 = 1 \times 10^1$, $100 = 1 \times 10^2$, $1000 = 1 \times 10^3$, y así sucesivamente. Si el número no es una potencia entera de 10, se puede expresar como producto de dos números, siendo uno de los dos una potencia de 10 que se puede expresar en forma exponencial. Por ejemplo, 2000 se puede escribir 2×1000, y después se puede cambiar a la forma 2×10^3. La forma 2000 es un ejemplo de notación decimal; la forma equivalente 2×10^3 es un ejemplo de notación científica.

Nótese que en este ejemplo se ha transformado la expresión

$$2000{,}0 \times 10^0$$

en la expresión

$$2{,}0 \times 10^3$$

Para ello se ha desplazado la coma decimal *tres* lugares hacia la *izquierda,* y, al mismo tiempo, se ha *aumentado* el exponente de 10 en la misma cuantía, *tres.* Cuando se cambia la forma de expresar un número, pero no su valor, se sigue siempre esta regla básica.

1. El factor de la izquierda se disminuye desplazando la coma decimal hacia la *izquierda* tantas posiciones como unidades enteras se *aumente* el exponente de 10. Un ejemplo es 2000 (es decir, 2000×10^0) convertido en 2×10^3.
2. El factor de la izquierda se aumenta desplazando la coma decimal hacia la *derecha* tantas posiciones como unidades se *disminuya* el exponente de 10. Un ejemplo es 0,005 (es decir, $0{,}005 \times 10^0$) convertido en 5×10^{-3}.

PROBLEMA:
Expresar 3 500 000 en notación científica.

SOLUCIÓN:
Hay que situar la coma decimal en el lugar apropiado. Supóngase que se selecciona la posición que marca la *x* pequeña, entre los dígitos 3 y 5. Esto lleva a un primer paso

$$3_{x}500\ 000$$

Puesto que se ha desplazado la coma decimal 6 posiciones hacia la *izquierda,* hay que *incrementar* en 6 el exponente de 10, por lo que la respuesta es

$$3{,}5 \times 10^6$$

El número $3{,}5 \times 10^6$ también se puede escribir como 35×10^5, 350×10^4, o $0{,}35 \times 10^7$, y así sucesivamente. Todas estas formas son equivalentes. En cada cálculo se puede colocar, arbitrariamente, la coma decimal en la posición que resulte más adecuada. Sin embargo, el convenio es que el número de la izquierda esté comprendido entre 1 y 10 —es decir, con un solo dígito antes de la coma decimal. Esta forma se conoce como *notación científica estándar.*

PROBLEMA:
Escriba el número 0,00055 en notación científica estándar.

SOLUCIÓN:
Hay que situar la coma decimal después del primer 5, como indica la *x* minúscula:

$$0{,}0005_x5$$

Puesto que para ello se mueve la coma decimal cuatro lugares hacia la *derecha,* se debe *disminuir* en 4 el exponente del 10^0. Por tanto, la notación científica estándar es $5{,}5 \times 10^{-4}$.

Hay que acostumbrarse a teclear los números en la calculadora, fácilmente y sin error, haciendo uso de la notación científica. Con la mayor parte de las calculadoras se puede conseguir del siguiente modo.

1. Escribir el número en notación científica. No es necesario hacerlo en notación *estándar,* pero es una buena costumbre.
2. Teclear el factor de la izquierda.
3. Presionar la tecla exponente (los símbolos corrientes para esta tecla son EEX y EE).
4. Teclear el exponente del 10. Si el exponente es negativo presionar también la tecla «cambio de signo» (los símbolos corrientes son CHS y +/−). Es importante no presionar la tecla − (es decir la de sustracción).
5. El factor de la izquierda de la notación científica que se desea ocupará la parte de la izquierda de la pantalla luminosa, mientras que las tres últimas posiciones de la derecha de la pantalla mostrarán el exponente (un espacio vacío seguido de dos números para un exponente positivo, o un signo menos seguido de dos dígitos para un exponente negativo. Si el exponente es menor de 10, el primer dígito será un 0, por ejemplo, 03 para 3).

Algunas calculadoras permiten elegir a priori que todos los resultados aparezcan en notación científica (o notación decimal), independientemente de la notación que se haya empleado para teclear los números. También se puede elegir el número de cifras decimales (normalmente el máximo es de 8) que van a aparecer en la notación decimal, o en el factor de la izquierda de la notación científica. Si la calculadora tiene esta posibilidad, hay que aprovecharse de ella. [Si se intentan teclear, en notación decimal, números demasiado grandes (para muchas calculadoras mayores de 99999999) o demasiado pequeños (para muchas calculadoras menores de 0,00000001), resulta que en los números grandes no aparecen todos los dígitos, y que en los números pequeños sólo aparecen ceros o una parte de los dígitos. Para evitar errores de este tipo, hay que determinar los límites de la calculadora para la entrada en notación decimal. Para la mayor parte de las calculadoras se puede teclear en notación científica cualquier número entre $9{,}99999999 \times 10^{99}$ y 1×10^{-99}.]

OPERACIONES MATEMÁTICAS EN NOTACIÓN CIENTÍFICA

Para hacer uso de los números en notación científica en las operaciones matemáticas, se deben recordar las *leyes de los exponentes.*

1. *Multiplicación* $X^a \cdot X^b = X^{a+b}$
2. *División* $\dfrac{X^a}{X^b} = X^{a-b}$
3. *Potencias* $(X^a)^b = X^{ab}$
4. *Raíces* $\sqrt[b]{X^a} = X^{a/b}$

Puesto que b (o a) pueden ser números negativos, las dos primeras leyes son, realmente, la misma. Puesto que b puede ser una fracción, la tercera y la cuarta leyes también son, en realidad la misma. Esto es, $X^{-b} = 1/X^b$ y $X^{1/b} = \sqrt[b]{X}$.

En la práctica, las operaciones matemáticas con números en notación científica se hacen de acuerdo con las leyes sencillas que se indican a continuación. No es necesario saber estas reglas si los cálculos se hacen empleando una calculadora (sólo hay que saber cómo se teclean los números), pero muchos cálculos son tan sencillos que no requieren calculadora, y habrá que estar en condiciones de hacer los cálculos cuando la calculadora esté estropeada, o cuando no se disponga de una. Estas reglas sencillas son las siguientes.

1. Para multiplicar dos números, ponerlos en notación científica. A continuación, multiplicar de la forma normal los dos factores de la izquierda, y multiplicar los dos factores de la derecha (potencias de 10) haciendo uso de la ley de los exponentes para la multiplicación —esto es, sumando sus exponentes.

PROBLEMA:
Multiplique 3 000 por 400 000.

SOLUCIÓN:
Escriba los dos números en notación científica estándar. Esto conduce a

$$3000 = 3 \times 10^3$$
$$400\,000 = 4 \times 10^5$$

Multiplique:

$$3 \times 4 = 12$$

$$10^3 \times 10^5 = 10^{3+5} = 10^8$$

La respuesta es 12×10^8 ($1{,}2 \times 10^9$).

Si alguno de los exponentes es negativo, el procedimiento no es distinto; la respuesta es la suma algebraica de los exponentes.

PROBLEMA:
Multiplique 3 000 por 0,00004.

SOLUCIÓN:

$$3000 = 3 \times 10^3$$

$$0{,}00004 = 4 \times 10^{-5}$$

Multiplique:

$$3 \times 4 = 12$$

$$10^3 \times 10^{-5} = 10^{3-5} = 10^{-2}$$

La respuesta es 12×10^{-2} (o 0,12).

---

2. Para dividir un número por otro poner ambos en notación científica estándar. Dividir el primero de los factores de la izquierda por el segundo, haciendo uso de las reglas ordinarias de la división. Dividir el primero de los factores de la derecha por el segundo, de acuerdo con la ley de los exponentes para la división —esto es, restando el exponente del divisor del exponente del dividendo a fin de obtener el exponente del cociente.

PROBLEMA:
Divida 0,0008 entre 0,016.

SOLUCIÓN:
Escriba los dos números en notación científica estándar. Esto conduce a

$$0{,}0008 = 8 \times 10^{-4}$$

$$0{,}016 = 1{,}6 \times 10^{-2}$$

Divida:

$$\frac{8}{1.6} = 5$$

$$\frac{10^{-4}}{10^{-2}} = 10^{-4-(-2)} = 10^{-4+2} = 10^{-2}$$

La respuesta es 5×10^{-2} (o 0,05).

---

3. Para sumar o restar números en notación científica, ajustar los números para que los factores de la derecha de todos ellos tengan el mismo exponente. A continuación sumar o restar los factores de la izquierda por medio de las reglas ordinarias, no haciendo ningún cambio adicional en los factores de la derecha.

PROBLEMA:
Sume 2×10^3 y 3×10^2.

SOLUCIÓN:
Se cambia uno de los números para que su exponente sea igual al del otro; después se suman los dos factores de la izquierda.

$$\begin{aligned} 2 \times 10^3 &= 20 \times 10^2 \\ 3 \times 10^2 &= \underline{\ \ 3 \times 10^2} \\ &\quad\ 23 \times 10^2 \end{aligned}$$

La respuesta es 23×10^2 (o $2{,}3 \times 10^3$).

---

4. Puesto que $10^0 = 1$ (en general, $n^0 = 1$ para cualquier número n), si en un problema los exponentes se reducen a cero, el factor de la derecha se elimina de la solución.

PROBLEMA:
Multiplique 0,003 por 3 000.

SOLUCIÓN:

$$0.003 = 3 \times 10^{-3}$$

$$3000 = 3 \times 10^3$$

Multiplique:

$$3 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{3} = 9 \times 10^{3-3} = 9 \times 10^{0} = 9 \times 1 = 9$$

En el ejemplo siguiente se ilustra el empleo de estas reglas en problemas que requieren tanto división como multiplicación.

PROBLEMA:
Haga uso de los exponentes para resolver

$$\frac{2\,000\,000 \times 0.00004 \times 500}{0.008 \times 20} = ?$$

SOLUCIÓN:
En primer lugar, se escriben todos los números en notación científica estándar:

$$\begin{aligned} 2\,000\,000 &= 2 \times 10^{6} \\ 0.00004 &= 4 \times 10^{-5} \\ 500 &= 5 \times 10^{2} \\ 0.008 &= 8 \times 10^{-3} \\ 20 &= 2 \times 10^{1} \end{aligned}$$

Esto da

$$\frac{2 \times 10^{6} \times 4 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{2}}{8 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{1}}$$

Operando primero con los factores de la izquierda, se encuentra

$$\frac{2 \times 4 \times 5}{8 \times 2} = \frac{5}{2} = 2.5$$

El exponente de la respuesta es

$$\frac{10^{6} \times 10^{-5} \times 10^{2}}{10^{-3} \times 10^{1}} = \frac{10^{6-5+2}}{10^{-3+1}} = \frac{10^{3}}{10^{-2}} = 10^{3-(-2)} = 10^{3+2} = 10^{5}$$

La respuesta completa es $2{,}5 \times 10^{5}$, o 250 000.

Cálculos aproximados

En ocasiones, los científicos experimentados hacen una estimación mental de la respuesta numérica de un cálculo muy complicado con una facilidad que bordea el milagro. En realidad, lo único que hacen es redondear los números y utilizar los exponentes para reducir el problema a una forma muy simple. Resulta muy útil aprender estos métodos. Haciendo uso de ellos, se puede ahorrar mucho tiempo al hacer ejercicios, y se puede saber si una respuesta es razonable (es decir, si se ha cometido algún error matemático).

PROBLEMA:
Se sabe que una ciudad tiene 256 700 habitantes y que el valor fiscal de la propiedad es de \$653 891 600. Calcular un valor aproximado para la propiedad fiscal per cápita.

SOLUCIÓN:
Hay que hacer la división

$$\frac{\$653\ 891\ 600}{256\ 700} = ?$$

En primer lugar, se escriben los números en notación científica estándar:

$$\frac{6.538916 \times 10^8}{2.56700 \times 10^5}$$

Se redondean los números

$$\frac{6.5 \times 10^8}{2.6 \times 10^5}$$

Si se hacen mentalmente las operaciones se obtiene

$$\frac{6.5}{2.6} = 2.5$$

$$\frac{10^8}{10^5} = 10^3$$

La respuesta aproximada es $\$2,5 \times 10^3$ o \$2500. Se trata de una estimación bastante correcta; el valor que se obtiene con una calculadora es \$2547,30.

PROBLEMA:
Encuentre un valor aproximado de

$$\frac{2783 \times 0.00894 \times 0.00532}{1238 \times 6342 \times 9.57}$$

SOLUCIÓN:
En primer lugar hay que volver a escribir todos los números empleando la notación científica, pero en vez de hacerlo en la forma estándar, se coloca la coma decimal de forma que el factor de la izquierda tenga un valor que sea lo más próximo posible a 1:

$$\frac{2.783 \times 10^{3} \times 0.894 \times 10^{-2} \times 5.32 \times 10^{-3}}{1.238 \times 10^{3} \times 6.342 \times 10^{3} \times 0.957 \times 10^{1}}$$

Se vuelve a escribir redondeando los factores de la izquierda a números enteros:

$$\frac{3 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{3} \times 6 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{1}}$$

La multiplicación da

$$\frac{3 \times 1 \times 5 \times 10^{-2}}{1 \times 6 \times 1 \times 10^{7}} = \frac{15}{6} \times 10^{-9} = 2.5 \times 10^{-9} \quad \text{(aproximadamente)}$$

Cuando se tiene una práctica considerable estas operaciones se pueden hacer mentalmente. Un modo útil de adquirir esta práctica es hacer, siempre, una primera estimación de la respuesta aproximada, y después compararla con la respuesta exacta.

LOGARITMOS

Una tercera forma de representar los números la constituye la notación condensada conocida como *logaritmo. El logaritmo común* de un número N (abreviado log$N$) es la potencia a que hay que elevar 10 (que es la *base*) para obtener el número N. Por lo tanto, el logaritmo es un exponente.

Cuando el número (N) es una potencia entera de 10, su logaritmo es un entero sencillo, positivo si N es mayor que 1, y negativo si N es menor que 1. Por ejemplo

$$N = 1 = 10^{0} \qquad \log 10^{0} = 0$$

$$N = 10 = 10^{1} \qquad \log 10^{1} = 1$$

$$N = 1000 = 10^{3} \qquad \log 10^{3} = 3$$

$$N = 0.0001 = 10^{-4} \qquad \log 10^{-4} = -4$$

Cuando el número no es una potencia entera de 10, el logaritmo no es un entero sencillo, y para calcularlo se necesita alguna ayuda. Las ayudas más corrientes son las calculadoras y las tablas de logaritmos. Cuando se emplea una calculadora, es necesario, simplemente teclear el número (N) cuyo log se desea calcular, pulsar la tecla (o teclas) log, y leer el log en la pantalla luminosa. Para practicar y para asegurarse de que se sabe utilizar la calculadora, comprobar que

para $N = 807\ 267\ 434.51 = 10^{8.90702}$, $\log N = 8.90702$

para $N = 3\ 500\ 000 = 10^{6.54407}$, $\log N = 6.54407$

para $N = 0.00055 = 10^{-3.25964}$, $\log N = -3.25964$

para $N = 0.0000000000000000248 = 10^{-16.60555}$, $\log N = -16.60555$

Recuérdese que cuando se trate de números muy grandes, o muy pequeños, hay que teclearlos en notación científica. Además, si la calculadora es de tipo TI, puede ser necesario presionar las teclas INV y EE después de haber introducido el número en notación científica, y *antes* de presionar la tecla log, si se desea obtener el log con más de cuatro cifras decimales.
Dado que los logaritmos son exponentes, tenemos las siguientes *leyes de los logaritmos,* que son consecuencia de las leyes de los exponentes enunciadas en la página 8. Sean A y B dos números cualesquiera.

Log de un producto: $\log AB = \log A + \log B$

Log de un cociente: $\log \frac{A}{B} = \log A - \log B$

Log de una potencia (n): $\log A^n = n \log A$

Log de la raíz N-ésima: $\log \sqrt[n]{A} = \log A^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{n} \log A$

El logaritmo de un número consta de dos partes, que se llaman característica y mantisa. La *característica* es la parte del log que está antes de la coma decimal, y la mantisa es la parte que está a continuación de la coma decimal. El significado de esta separación del logaritmo en dos partes se pone de manifiesto al aplicar las leyes de los logaritmos al cálculo de los log de números tales como 2000, 2 y 0,000002.

$$\log 2000 = \log (2 \times 10^3) = \log 2 + \log 10^3 = 0.30103 + 3 = 3.30103$$

$$\log 2 = \log (2 \times 10^0) = \log 2 + \log 10^0 = 0.30103 + 0 = 0.30103$$

$$\log 0.000002 = \log (2 \times 10^{-6}) = \log 2 + \log 10^{-6} = 0.30103 - 6 = -5.69897$$

Nótese que la característica es la potencia a que está elevado el 10 (cuando el número está escrito en notación cientifica estándar), y la mantisa es el log del factor de la izquierda (con el número escrito en notación científica estándar). Son estas propiedades las que hacen fácil el cálculo del logaritmo de un número haciendo uso de las tablas de log. A continuación se indican los pasos a seguir.

1. Escribir el número (N) en notación científica estándar.

2. Buscar la mantisa en la tabla de log. Es el log del factor de la izquierda de la notación científica, que es un número entre 1 y 10. La mantisa estará comprendida entre 1 y 10.
3. El exponente de 10 (el factor de la derecha) es la característica del log.
4. Sumar la mantisa y la característica para obtener log *N*.

PROBLEMA:
Calcular el log de 203.

SOLUCIÓN:

1. Escribir el número en la forma $2{,}03 \times 10^2$.
2. Buscar 2,0 (a veces viene como 20) en la columna de la izquierda de la tabla de log. Desplácese a lo largo de la fila hasta la columna que está debajo del 3. Esto lleva a log 2,03 = 0,3075.
2. Puesto que el exponente de 10 es 2, la característica es 2.
4. Log 203 = log 2,03 + log 10^2 = 0,3075 + 2 = 2,3075.

PROBLEMA:
Calcular el log de 0,000203.

SOLUCIÓN:

1. Escribir el número en la forma $2{,}03 \times 10^{-4}$.
2. Al igual que en el problema anterior, buscar log 2,03 = 0,3075 (en la tabla de log).
3. Puesto que el exponente de 10 es −4, la característica es −4.
4. Log 0,000203 = log 2,03 + log 10^{-4} = 0,3075 − 4 = −3,6925.

Interpolación

La tabla de log de este libro es sólo de tres dígitos (para *N*). Si se quiere calcular el log de un número de cuatro dígitos, hay que hacer la estimación de la mantisa a partir de los dos valores más próximos de la tabla. El proceso se llama *interpolación*. Por ejemplo, para calcular el log de 2032, se procede de la forma siguiente.

$$\text{Log } 2032 = \log (2.032 \times 10^3)$$

$$\text{Mantisa de } 2.04 = 0.3096$$

$$\text{Mantisa de } 2.03 = 0.3075$$

$$\text{Diferencia entre mantisas} = 0.0021$$

La mantisa de 2,032 será, aproximadamente, la mantisa de 2,03 más 0,2 veces la diferencia entre las mantisas de 2,03 y 2,04; por tanto

$$\text{Mantisa de } 2.032 = 0.3075 + (0.2 \times 0.0021) = 0.3075 + 0.0004 = 0.3079$$

$$\text{Log } 2032 = \log 2.032 + \log 10^3 = 3.3079$$

La mayor parte de las calculadoras permiten calcular log de números de nueve dígitos (un número entre 1 y 10 con ocho decimales), dando los log con ocho cifras decimales. La tabla de log que (con mucho esfuerzo) proporcione una información equivalente ha de ser muy grande. Si bien para calcular log, normalmente, se hará uso de una calculadora, hay que saber manejar la tabla de log por si se estropea la calculadora o no se dispone de una.

ANTILOGARITMOS

El número que corresponde a un logaritmo determinado se llama *antilogaritmo*, o antilog. Igual que sucece con los log, los antilogaritmos son más fáciles de calcular con una calculadora que con una tabla de logaritmos, pero hay que saberlos calcular de las dos maneras.

Con una calculadora, los logaritmos se calculan como se indica a continuación.

1. *Teclear* el log. Después de haberlo tecleado hacer uso de la tecla de «cambio de signo», si se trata de un logaritmo negativo; *no* usar la tecla — (es decir, la tecla de sustracción).
2. Presionar la tecla (o teclas) antilog. En una calculadora del tipo HP (Hewlett-Packard) el símbolo corriente para esta tecla es 10^x; en la calculadora de tipo TI, normalmente habrá que presionar las teclas INV y LOG, en este orden.
3. El antilog aparece en la pantalla luminosa.

Comprobar la habilidad para calcular antilogaritmos por medio de una calculadora sabiendo que antilog 0,77815 = 6,00000, antilog 5,39756 = $2,49781 \times 10^5$ y antilog $(-3,84615) = 1,42512 \times 10^{-4}$.

Para calcular antilog haciendo uso de la tabla de log se procederá como se indica en los ejemplos que vienen a continuación.

PROBLEMA:
Calcular el antilog de 4,5502.

SOLUCIÓN:
Se trata de saber el número que corresponde a $10^{4.5502} = 10^{0.5502} \times 10^4$. Se localiza la mantisa, que es 0,5502, en la tabla de log; a continuación se busca el valor de *N* que tiene este log. La mantisa 0,5502 está en la fila que corresponde a 3,5 y en la columna que encabeza el 5. Por tanto, el número correspondiente a $10^{0.5502}$ es 3,55, y el número que se busca es $3,55 \times 10^4$.

PROBLEMA:
Calcule el antilog de −6,7345.

SOLUCIÓN:
Se trata de saber el número que corresponde a $10^{-6.7345} = 10^{0.2655} \times 10^{-7}$. Téngase en cuenta que el exponente del factor de la izquierda ha de ser *positivo*; la suma de los dos exponentes

tiene que seguir siendo −6,7345. Localícese la mantisa, que es 0,2655, en la tabla de log; a continuación búsquese a qué valor de N corresponde este log. La mantisa 0,2655 está en la fila correspondiente a 1,8, entre las columnas que están encabezadas por el 4 y el 5 (el número estará comprendido entre 1,84 y 1,85). De hecho, a 0,2655 le corresponden 7/24 o, aproximadamente, 0,3, de la diferencia entre 0,2648 y 0,2672. Por lo tanto, el número que corresponde a $10^{0,2655}$ es 1,843, y el número que se busca es $1{,}843 \times 10^{-7}$.

LOGARITMOS NATURALES

Como base de los logaritmos se pueden emplear otros números distintos del 10, pero el único que se emplea con frecuencia es e, un número no exacto (análogamente a π) con significado matemático. Muchas de las leyes de la Física y de la Química se deducen matemáticamente partiendo de modelos físicos, y el resultado incluye logaritmos de base e. Estos logaritmos se llaman logaritmos *naturales.* La abreviatura del logaritmo de un número N es $\ln N$. El valor de e es 2,71828183... Los logaritmos comunes se pueden transformar en logaritmos naturales (o viceversa) si se conoce el factor de conversión 2,30258509... (normalmente se redondea a 2,303) y se hace uso del mismo mediante alguna de las siguientes expresiones:

$$x = \ln N = 2.303 \log N$$

$$e^{x} = 10^{x/2.303}$$

Algunas calculadoras permiten calcular directamente los logaritmos naturales, sin necesidad de hacer ninguna transformación. En este caso, sólo habrá que teclear el número cuyo log natural se quiere calcular, y presionar la tecla del logaritmo natural (o las teclas), cuyo símbolo, probablemente, será LN. Compruébese, con la calculadora, que $\ln 4762 = 8{,}46842$ y que $\ln 0{,}0000765 = -9{,}47822$.

La mayor parte de las calculadoras permiten calcular los antilogaritmos de los logaritmos naturales de la forma siguiente:

1. Teclear el ln dado. Si el ln es negativo hacer uso de la tecla de «cambio de signo»; no usar la tecla − (es decir, la tecla de sustracción).
2. Presionar la tecla (o teclas) de antiln. En una calculadora del tipo HP, un símbolo corriente es e^x; en una calculadora del tipo TI, normalmente habrá que presionar las teclas INV y LN, en este orden.
3. El antiln aparece en la pantalla luminosa.

Haciendo uso de la calculadora, asegúrese de que puede calcular los siguientes antilogaritmos naturales: antiln 1,09861 = 3,00000; antiln 13,47619 = $7{,}12254 \times 10^5$ y antiln (−7,60354) = $4{,}98683 \times 10^{-4}$.

OTRAS OPERACIONES MATEMÁTICAS BÁSICAS

Hay algunas operaciones matemáticas adicionales que es necesario saber hacer, tanto con calculadora como con tabla de logaritmos. Tres de ellas se discuten aquí.

Recíprocos

Se llama *recíproco* de un número al cociente de dividir 1 por dicho número. Es un valor que se puede calcular con cualquier calculadora efectuando la operación indicada, pero casi todas las calculadoras tienen una tecla «recíproco» (el símbolo normalmente es $1/x$ que hace este cálculo todavía más fácil. Todo lo que hay que hacer es teclear el número cuyo recíproco se desea calcular; a continuación presionar la tecla $1/x$, y el recíproco aparecerá en la pantalla. Se debe aprender a hacer uso de esta tecla; es muy útil. Con la calculadora compruébese que $1/83{,}6 = 0{,}01196$; $1/0{,}00000297 = 3{,}367 \times 10^5$; y $1/6{,}059 \times 10^7 = 1{,}650 \times 10^{-8}$.

Potencias

Se ha discutido ampliamente la utilidad de las potencias de 10 como una parte de la notación científica, pero en muchos problemas prácticos aparecen potencias de otros números. Por ejemplo, en el área de un círculo aparece el cuadrado del radio, y en el volumen de una esfera aparece el cubo del radio. Prácticamente todas las calculadoras dan el cuadrado de un número simplemente tecleando el número y apretando la tecla x^2; el cuadrado aparece en la pantalla luminosa.

Para potencias distintas de 2 habrá que utilizar la tecla y^x, de la forma siguiente.

1. Teclear el número que se desee elevar a una potencia.
2. a. Presionar la tecla ENTER (en una calculadora tipo HP).
   b. Presionar la tecla y^x (en una calculadora tipo TI).
3. Teclear la potencia a la que se desea elevar el número, pero si el exponente es un número negativo *ignorar* el signo menos. No es necesario que sea un número entero, puede ser tanto un número mayor que uno, como un número menor que uno.
4. Si la potencia es negativa, presionar la tecla de «cambio de signo» (los símbolos corrientes son CHS y +/−); *no* presionar la tecla −.
5. a. Presionar la tecla y^x (en una calculadora del tipo HP).
   b. Presionar la tecla = (en una calculadora del tipo TI).
6. La respuesta aparecerá en la pantalla luminosa.

Comprobar con la calculadora que $(7{,}452)^2 = 55{,}53230$; $(3{,}71 \times 10^{-5})^6 = 2{,}6076 \times 10^{-33}$; $(0{,}000429)^{3.59} = 8{,}138 \times 10^{-13}$; $(6{,}405)^{-3} = 3{,}086 \times 10^{-3}$. Normalmente, con la tecla y^x sólo los números *positivos* se pueden elevar a una potencia. Si se trata de elevar un número negativo aparecerá una indicación de error en la pantalla.

Para calcular la potencia de un número, haciendo uso de la tabla de logaritmos, hay que utilizar las leyes que se citaron en la página 14, como se muestra en los ejemplos siguientes.

PROBLEMA:
Calcule el valor de $(2.530)^5$.

SOLUCIÓN:
Se hace uso de la ley de los logaritmos para las potencias ($\lg A^n = n \lg A$) para calcular log de $(2530)^2$; a continuación se toma el antilog para encontrar el valor deseado.

$$\begin{aligned} \log 2530 &= \log (2.53 \times 10^3) = \log 2.53 + \log 10^3 \\ &= 0.4031 + 3 = 3.4031 \\ 5 \log 2530 &= (5)(3.4031) = 17.0155 \\ (2530)^5 &= \text{antilog } 17.0155 = 1.036 \times 10^{17} \end{aligned}$$

Raíces

La *raíz* de un número es el resultado de elevar dicho número a una potencia menor que uno. En los casos sencillos se habla de raíz cuadrada, raíz cúbica, raíz cuarta, y así sucesivamente, de un número (N), lo que corresponde a $N^{1/2}$, $N^{1/3}$, $N^{1/4}$, respectivamente. En el caso general, la raíz n-ésima de un número N es, simplemente, $N^{1/n}$, siendo n cualquier número mayor que uno, y no necesariamente un entero. Otra forma corriente de representar las raíces en $\sqrt{N}$, $\sqrt[3]{N}$, $\sqrt[4]{N}$. Cualquier calculadora dará directamente la raíz cuadrada. Sólo habrá que teclear el número cuya raíz cuadrada se quiere calcular y presionar despúes la tecla $\sqrt{x}$; la raíz cuadrada aparecerá en la pantalla luminosa.

Para las demás raíces es más sencillo emplear la calculadora, teniendo en cuenta que la tecla y^x también se puede utilizar para $y^{1/n}$, en donde $x = 1/n$. La forma de hacerlo es la siguiente.

1. Teclear el número cuya raíz se quiere calcular.
2. a. Presionar la tecla ENTER (en una calculadora tipo HP).
   b. Presionar la tecla y^x (en una calculadora tipo TI).
3. Teclear el número (n) correspondiente a la raíz que se quiere calcular.
4. Presionar la tecla recíproco ($1/x$).
5. a. Presionar la tecla y^x (en una calculadora tipo HP).
   b. Presionar la tecla = (en una calculadora tipo TI).
6. La raíz deseada aparecerá en la pantalla.

Hacer uso de la calculadora para comprobar que $(726)^{1/2} = 26{,}994$; $(8{,}73 \times 10^{-5})^{1/3} = 4{,}436 \times 10^{-2}$; $(0{,}000000416)^{1/5} = 5{,}294 \times 10^{-2}$; $(6{,}591 \times 10^{-5})^{1/4.27} = 23{,}054$.

Para calcular la raíz de un número por medio de la tabla de lg se hace uso de las leyes mencionadas en la página 14, tal como se ilustra en el problema siguiente.

PROBLEMA:
Calcule el valor de $(2\,530)^{1/5} = \sqrt[5]{2530}$.

SOLUCIÓN:
Se hace uso de la ley de los logaritmos para las raíces ($\log. A^{1/n} = 1/n \log A$) para calcular el log de $(2530)^{1/5}$. A continuación se toman antilog para calcular el valor buscado.

$$\log 2530 = \log 2.53 + \log 10^3 = 0.4031 + 3 = 3.4031$$

$$\left(\frac{1}{5}\right) \log 2530 = \frac{3.4031}{5} = 0.6806$$

$$(2530)^{1/5} = \text{antilog } 0.6806 = 4.7931$$

Operaciones secuenciales

Tal como se ha expuesto a lo largo de este capítulo parece que, cuando se maneja una calculadora, todos los números han de ser introducidos a través del teclado. Sin embargo, es frecuente que el resultado de una operación que se acaba de terminar (aún visible en la pantalla), tenga que emplearse en la siguiente etapa del cálculo. Una calculadora puede hacer una serie continua de cálculos —en los que se incluyan logaritmos, potencias, raíces y recíprocos, así como las operaciones básicas de multiplicación, división, suma y resta. Los distintos tipos de calculadoras presentan algunas diferencias en el modo de efectuar operaciones secuenciales, pero es muy posible aprender a realizarlas rápida y eficazmente. Nunca se deberá de copiar un resultado intermedio y después marcarlo de nuevo en el teclado a fin de completar un cálculo. Una forma de reducir al mínimo el esfuerzo realizado inútilmente, consiste en escribir todas las operaciones en forma de ecuación sencilla, antes de empezar cualquier cálculo. Esto no siempre se hace en los problemas que se resuelven en este libro, debido a que, para nuestros propósitos, con frecuencia es más importante explicar las etapas de que consta el problema, que ahorrar tiempo por medio de un procedimiento eficaz de cálculo. Con la práctica, se alcanza un equilibrio entre estos dos factores cuando se resuelven problemas.

EPÍLOGO

En muchos alumnos que empiezan a estudiar química se produce una frustración y sufren una pérdida de tiempo innecesaria, ocasionadas por un uso equivocado o ineficaz de la calculadora. El aprendizaje de la química ya es bastante duro por sí sólo; la falta de práctica en el empleo de una herramienta, relativamente sencilla y básica, únicamente aumenta las dificultades. Uno de los objetivos principales de los problemas que vienen a continuación es que el alumno consiga la práctica necesaria para llevar a cabo, correcta y eficazmente, los tipos de cálculos más importantes con que se encontrará a lo largo de la Química General. Otros dos importantes tipos de problemas numéricos, relacionados con la fiabilidad de las medidas y la representación gráfica de datos, se discuten en los capítulos 5 y 6.

En todos los tipos de problemas que figuran aquí, hay que ser capaces de encontrar las respuestas *correctas, rápidamente* (sin hacer de ello una gran producción intelectual) y *eficazmente* (sin realizar un gran número de operaciones innecesarias ni escribir números intermedios). La rapidez llega con la práctica, pero la eficacia y la corrección pueden hacer necesaria la lectura del manual de instrucciones de la calculadora, o consultar con un compañero que tenga una similar. Estar en condiciones de hacer esto antes de empezar supondrá, más adelante, un ahorro de tiempo y una mejora en los resultados del curso.