

1

Origem dos nomes dos elementos*

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Actínio	Ac	89	(227)	1899	A. Debiere (Fr.)	Gr. <i>aktis</i> , feixe ou raio
Alumínio	Al	13	26,98	1827	F. Woehler (Ale.)	Alúmen, o composto de alumínio no qual ele foi descoberto; derivado do L. <i>alumen</i> , sabor adstringente
Americío	Am	95	(243)	1944	A. Ghiorso (EUA) R. A. James (EUA) G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thompson (EUA)	As Américas
Antimônio	Sb	51	121,8	Antigo		L. <i>antimonium</i> (<i>anti</i> , oposto de; <i>monium</i> , condição isolada), assim chamado porque é uma substância tangível (metálica) que se combina prontamente; símbolo L. <i>stibium</i> , marca
Argônio	Ar	18	39,95	1894	Lorde Raleigh (GB) Sir William Ramsay (GB)	Gr. <i>argos</i> , inativo
Arsênio	As	33	74,92	1250	Albertus Magnus (Ale.)	Gr. <i>aksenikon</i> , pigmento amarelo; L. <i>arsenicum</i> , ouro-pigmento; os Gregos já usaram o trissulfeto de arsênio como pigmento
Astato	At	85	(210)	1940	D. R. Corson (EUA) K. R. MacKenzie (EUA) E. Segre (EUA)	Gr. <i>astatos</i> , instável
Bário	Ba	56	137,3	1808	Sir Humphry Davy (GB)	Barita, um espato pesado, derivado do Gr. <i>barys</i> , pesado
Berílio	Be	4	9,012	1828	F. Woehler (Ale.) A. A. B. Bussy (Fr.)	Fr. L. <i>beryl</i> , doce
Berkélio	Bk	97	(247)	1950	G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thomson (EUA) A. Ghiorso (EUA)	Berkeley, Califórnia

Fonte: Impresso com autorização de "The Elements and Derivation of their Names and Symbols" G. P. Dinga, *Chemistry*, 41 (2), 20-22 (1968). Copyright da American Chemical Society.

* Na época em que essa tabela foi desenhada, se conheciam apenas 103 elementos.

** As massas atômicas dadas correspondem aos valores de 1961 da Comissão de Massas e Pesos Atômicos. Entre parênteses estão as massas do isótopo mais estável, ou do mais comum.

*** As abreviaturas são (Ar.) Árabe; (Ale.) Alemão; (EUA) Norte-americano; (Au.) Austríaco; (GB) Britânico; (Esp.) Espanhol; (Fr.) Francês; (Gr.) Grego; (Hol.) Holandês; (Hun.) Húngaro; (I.) Italiano; (L.) Latim; (Pol.) Polonês; (R.) Russo; (Sue.) Sueco.

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Bismuto	Bi	83	209,0	1753	Claude Geoffroy (Fr)	Al. e <i>Bismuth</i> , provavelmente uma distorção de <i>weisse masse</i> (massa branca) na qual foi encontrado
Boro	B	5	10,81	1808	Sir Humphry Davy (GB) J. L. Gay-Lussac (Fr) L. J. Thenard (Fr)	O composto bórax, derivado do Ar. <i>buraq</i> , branco
Bromo	Br	35	79,90	1826	A. J. Balard (Fr)	Gr. <i>bromos</i> , mau cheiro
Cádmio	Cd	48	112,4	1817	Fr. Stromeyer (Ale.)	Gr. <i>kadmia</i> , terra; L. <i>cadmia</i> , calamina, (porque se encontra junto com a calamina)
Cálcio	Ca	20	40,08	1808	Sir Humphry Davy (GB)	L. <i>calx</i> , cal
Califórnio	Cf	98	(249)	1950	G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thomson (EUA) A. Ghiorso (EUA) K. Street, Jr. (EUA)	Califórnia
Carbono	C	6	12,01	Antigo		L. <i>carbo</i> , carvão
Cério	Ce	58	140,1	1803	J. J. Berzelius (Sue.) William Hisinger (Sue.) M. H. Klaproth (Ale.)	Asteroide Ceres
Césio	Cs	55	132,9	1860	R. Bunsen (Ale.) G. R. Kirchoff (Ale.)	L. <i>caesium</i> , azul (o céσιο foi descoberto pelas suas linhas espectrais, que são azuis)
Chumbo	Pb	82	207,2	Antigo		Símbolo, L. <i>plumbum</i> , chumbo, que significa pesado
Cloro	Cl	17	35,45	1774	K. W. Scheele (Sue.)	Gr. <i>chloros</i> , verde-claro
Cobalto	Co	27	58,93	1735	G. Brandt (Ale.)	Ale. <i>kobold</i> , duende (porque o minério na realidade gerou cobalto em vez de cobre, fato atribuído aos duendes)
Cobre	Cu	29	63,55	Antigo		L. <i>cuprum</i> , cobre, derivado de <i>cyprium</i> , a Ilha de Chipre, a fonte principal de cobre na Antiguidade
Criptônio	Kr	36	83,80	1898	Sir William Ramsay (GB) M. W. Travers (GB)	Gr. <i>kryptos</i> , escondido
Crômio	Cr	24	52,00	1797	L. N. Vauquelin (Fr.)	Gr. <i>chroma</i> , cor (porque era usado em pigmentos)
Cúrio	Cm	96	(247)	1944	G. T. Seaborg (EUA) R. A. James (EUA) A. Ghiorso (EUA)	Pierre e Marie Curie
Disprósio	Dy	66	162,5	1886	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	Gr. <i>dysprositos</i> , difícil de alcançar
Einstênio	Es	99	(254)	1952	A. Ghiorso (EUA)	Albert Einstein
Enxofre	S	16	32,07	Antigo		L. <i>sulphurium</i> , (Sânscrito, <i>sulvere</i>)

(Continua)

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Érbio	Er	68	167,3	1843	C. G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suécia, onde se descobriram muitas terras raras
Escândio	Sc	21	44,96	1879	L. F. Nilson (Sue.)	Escandinávia
Estanho	Sn	50	118,7	Antigo		Símbolo, L. <i>stannum</i> , estanho
Estrôncio	Sr	38	87,62	1808	Sir Humphry Davy (GB)	Strontian, Escócia, derivado do mineral estroncianita
Európio	Eu	63	152,0	1896	E. Demarcay (Fr.)	Europa
Férmio	Fm	100	(253)	1953	A. Ghiorso (EUA)	Enrico Fermi
Ferro	Fe	26	55,85	Antigo		L. <i>ferrum</i> , ferro
Flúor	F	9	19,00	1886	H. Moissan (Fr.)	Mineral fluorespato, do L. <i>fluere</i> , fluir (porque o fluorespato era usado como solvente)
Fósforo	P	15	30,97	1669	H. Brandt (Ale.)	Gr. <i>phosphoros</i> , que possui brilho
Frâncio	Fr	87	(223)	1939	Marguerite Perey (Fr.)	França
Gadolínio	Gd	64	157,3	1880	J. C. Marignac (Fr.)	Johan Gadolin, químico finlandês que estudou as terras raras
Gálio	Ga	31	69,72	1875	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	L. <i>Gallia</i> , França
Germânio	Ge	32	72,59	1886	Clemens Winkler (Ale.)	L. <i>Germania</i> , Alemanha
Háfnio	Hf	72	178,5	1923	D. Coster (Hol.) G. von Hevesey (Hung.)	L. <i>Hahnia</i> , Copenhague
Hélio	He	2	4,003	1868	P. Janssen (espectro) (Fr.) Sir William Ramsay (isolado) (GB)	Gr. <i>helios</i> , Sol (porque foi descoberto no espectro do sol)
Hidrogênio	H	1	1,008	1766	Sir Henry Cavendish (GB)	Gr. <i>hydro</i> , água; <i>genes</i> , formador (produz água quando queimado com oxigênio)
Hólmio	Ho	67	164,9	1879	P. T. Cleve (Sue.)	L. <i>Holmia</i> , Estocolmo
Índio	In	49	114,8	1863	F. Reich (Ale.) T. Richter (Ale.)	Índigo, devido às suas linhas espectrais azul-índigo
Iodo	I	53	126,9	1811	B. Courtois (Fr.)	Gr. <i>iodes</i> , violeta
Írídio	Ir	77	192,2	1803	S. Tennant (GB)	L. <i>iris</i> , arco-íris
Itérbio	Yb	70	173,0	1907	G. Urbain (Fr.)	Ytterby, Suécia
Ítrio	Y	39	88,91	1843	C. G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suécia
Lantânio	La	57	138,9	1839	C. G. Mosander (Sue.)	Gr. <i>lanthanein</i> , oculto
Lawrêncio	Lr	103	(257)	1961	A. Ghiorso (EUA) T. Sikkeland (EUA) A. E. Larsh (EUA) R. M. Latimer (EUA)	E. O. Lawrence (EUA), inventor do ciclotron
Lítio	Li	3	6,941	1817	A. Arfvedson (Sue.)	Gr. <i>lithos</i> , rocha (porque ocorre em rochas)

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Lutécio	Lu	71	175,0	1907	G. Urbain (Fr.) C. A. von Welsbach (Au.)	<i>Lutetia</i> , nome antigo de Paris
Magnésio	Mg	12	24,31	1808	Sir Humphry Davy (GB)	<i>Magnesia</i> , um distrito na Tessália; possivelmente derivado do L. <i>Magnesia</i>
Manganês	Mn	25	54,94	1774	J. G. Gahn (Sue.)	L. <i>magnes</i> , ímã
Mendelévio	Md	101	(256)	1955	A. Ghiorso (EUA) G. R. Choppin (EUA) G. T. Seaborg (EUA) A. G. Harvey (EUA) S. G. Thomson (EUA)	Mendeleev, químico russo que preparou a tabela periódica e previu propriedades de elementos ainda não descobertos
Mercúrio	Hg	80	200,6	Antigo		Símbolo, L. <i>hydrargyrum</i> , prata líquida
Molibdênio	Mo	42	95,94	1778	G. W. Scheele (Sue.)	Gr. <i>molybdos</i> , chumbo
Neodímio	Nd	60	144,2	1885	C. A. von Welsbach (Au.)	Gr. <i>neos</i> , novo; <i>didymos</i> , gêmeo
Neônio	Ne	10	20,18	1898	Sir William Ramsay (GB) M. W. Travers (GB)	Gr. <i>neos</i> , novo
Netúnio	Np	93	(237)	1940	E. M. McMillan (EUA) P. H. Abelson (EUA)	Planeta Netuno
Nióbio	Nb	41	92,91	1801	Charles Hatchett (GB)	Gr. <i>Niobe</i> , filha de Tântalo (o nióbio era considerado idêntico ao tântalo, assim chamado em honra a <i>Tantalus</i> , até 1884)
Níquel	Ni	28	58,69	1751	A. F. Cronstedt (Sue.)	Sue. <i>kopparnickel</i> , falso cobre; também Ale. <i>Nickel</i> , referindo-se ao demônio que impedia a extração do cobre dos minérios de níquel
Nitrogênio	N	7	14,01	1772	Daniel Rutherford (GB)	Fr. <i>nitrogene</i> , derivado do L. <i>nitrum</i> , soda nativa ou Gr. <i>Nitron</i> , soda nativa e Gr. <i>genes</i> , formador
Nobélio	No	102	(253)	1958	A. Ghiorso (EUA) T. Sikkeland (EUA) J. R. Walton (EUA) G. T. Seaborg (EUA)	Alfred Nobel
Ósmio	Os	76	190,2	1803	S. Tennant (GB)	Gr. <i>osme</i> , odor
Ouro	Au	79	197,0	Antigo		L. <i>aurum</i> , aurora brilhante
Oxigênio	O	8	16,00	1774	Joseph Priestley (GB) C. W. Scheele (Sue.)	Fr. <i>oxygene</i> , gerador de ácidos, derivado do Gr. <i>oxys</i> , ácido e <i>genes</i> formador (pensava-se que fazia parte de todos os ácidos)
Paládio	Pd	46	106,4	1803	W. H. Wollaston (GB)	Asteroide Pallas
Platina	Pt	78	195,1	1735, 1741	A. de Ulloa (Esp.) Charles Wood (GB)	Esp. <i>platina</i> , prata

(Continua)

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Plutônio	Pu	94	(242)	1940	G. T. Seaborg (EUA) E. M. McMillan (EUA) J. W. Kennedy (EUA) A. C. Wahl (EUA)	Planeta Plutão
Polônio	Po	84	(210)	1898	Marie Curie (Pol.)	Polônia
Potássio	K	19	39,10	1807	Sir Humphry Davy (GB)	Símbolo, L. <i>kalium</i> , potassa
Praseodímio	Pr	59	140,9	1885	C. A. von Welsbach (Au)	Gr. <i>prasios</i> verde, <i>didymos</i> , gêmeo
Prata	Ag	47	107,9	Antigo		Símbolo, L. <i>argentum</i> , prata
Promécio	Pm	61	(147)	1945	J. A. Marinsky (EUA) L. E. Glendenin (EUA) C. D. Coryell (EUA)	Mitologia Gr. <i>Prometheus</i> , o deus grego que roubou o fogo do céu
Protactínio	Pa	91	(231)	1917	O. Hahn (Al.) L. Meitner (Au.)	Gr. <i>protos</i> , primeiro; <i>actinium</i> (porque se desintegra formando o actínio)
Radônio	Rn	86	(222)	1900	F. E. Dorn (Ale.)	Derivado do rádio
Rádio	Ra	88	(226)	1898	Pierre e Marie Curie (Fr.; Pol.)	L. <i>radius</i> , raio
Rênio	Re	75	186,2	1925	W. Noddack (Ale.) I. Tacke (Ale.) Otto Berg (Ale.)	L. <i>Rhenus</i> , Reno
Ródio	Rh	45	102,9	1804	W. H. Wollaston (GB)	Gr. <i>rhodon</i> , rosa (porque alguns dos seus sais têm a cor rosa)
Rubídio	Rb	37	85,47	1861	R. W. Bunsen (Ale.) G. Kirchhoff (Ale.)	L. <i>rubidus</i> , vermelho-escuro (descoberto por espectroscopia, o seu espectro tem linhas vermelhas)
Rutênio	Ru	44	101,1	1844	K. K. Klaus (R.)	L. <i>Ruthenia</i> , Rússia.
Samário	Sm	62	150,4	1879	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	Samarsquite, em honra a Samarski, um engenheiro russo
Selênio	Se	34	78,96	1817	J. J. Berzelius (Sue.)	Gr. <i>selene</i> , lua (porque se assemelha ao Telúrio, cujo nome vem de terra)
Silício	Si	14	28,09	1824	J. J. Berzelius (Sue.)	L. <i>silix</i> , <i>silicis</i> , seixo
Sódio	Na	11	22,99	1807	Sir Humphry Davy (GB)	L. <i>sodanum</i> , remédio para a dor de cabeça; símbolo, L. <i>natrium</i> , soda
Tálio	Tl	81	204,4	1861	Sir William Crookes (GB)	Gr. <i>thallos</i> , um ramo novo (porque o seu espectro tem uma linha verde brilhante)
Tântalo	Ta	73	180,9	1802	A. G. Ekeberg (Sue.)	Mitologia Gr. <i>Tantalus</i> , devido à dificuldade em isolá-lo
Tecnécio	Tc	43	(99)	1937	C. Perrier (I.)	Gr. <i>technetos</i> , artificial (porque foi o primeiro elemento artificial)
Telúrio	Te	52	127,6	1782	F. J. Müller (Au.)	L. <i>tellus</i> , terra
Térbio	Tb	65	158,9	1843	C. G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suécia

Elemento	Símbolo	Número atômico	Massa atômica**	Data da descoberta	Descobridor e nacionalidade***	Origem
Titânio	Ti	22	47,88	1791	W. Gregor (GB)	Gr. <i>gigantes</i> , os Titans e L. <i>Titans</i> , divindades gigantes
Tório	Th	90	232,0	1828	J. J. Berzelius (Sue.)	Mineral torita, derivado de <i>Thor</i> , deus nórdico da guerra
Túlio	Tm	69	168,9	1879	P. T. Cleve (Sue.)	<i>Thule</i> , nome antigo da Escandinávia
Tungstênio	W	74	183,9	1783	J. J. e F. de Elhuyar (Esp.)	Sue. <i>tung sten</i> , pedra pesada; símbolo, volframita, um mineral
Urânio	U	92	238,0	1789,1841	M. H. Klaproth (Ale.) E. M. Peligot (Fr.)	Planeta Urano
Vanádio	V	23	50,94	1801, 1830	A. M. del Rio (Esp.) N. G. Sefstrom (Sue.)	<i>Vanadis</i> , deusa nórdica do amor e da beleza
Xenônio	Xe	54	131,3	1898	Sir William Ramsay (GB) M.W. Travers (GB)	Gr. <i>xenos</i> , desconhecido
Zinco	Zn	30	65,39	1746	A. S. Marggraf (Ale.)	Ale. <i>zink</i> , de origem obscura
Zircônio	Zr	40	91,22	1789	M. H. Klaproth (Ale.)	Zircão, no qual é encontrado, derivado do <i>Ar. zargun</i> , cor de ouro

2

Unidades para a constante dos gases

Neste apêndice, vamos ver como a constante dos gases perfeitos, R , pode ser expressa em unidades $\text{J/K} \cdot \text{mol}$. O primeiro passo consiste em relacionar as unidades atm e pascal. Assim,

$$\begin{aligned}\text{pressão} &= \frac{\text{força}}{\text{área}} \\ &= \frac{\text{massa} \times \text{aceleração}}{\text{área}} \\ &= \frac{\text{volume} \times \text{densidade} \times \text{aceleração}}{\text{área}} \\ &= \text{comprimento} \times \text{densidade} \times \text{aceleração}\end{aligned}$$

Por definição, a unidade atmosfera é a pressão exercida por uma coluna de mercúrio com exatamente 76 cm de altura, de massa específica $13,5951 \text{ g/cm}^3$, colocada em um lugar onde a aceleração da gravidade é igual a $980,665 \text{ cm/s}^2$. Porém, para exprimir a pressão em N/m^2 , é necessário escrever

$$\begin{aligned}\text{densidade do mercúrio} &= 1,35951 \times 10^4 \text{ kg/m}^3 \\ \text{aceleração da gravidade} &= 9,80665 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

A atmosfera padrão é dada por

$$\begin{aligned}1 \text{ atm} &= (0,76 \text{ m Hg})(1,35951 \times 10^4 \text{ kg/m}^3)(9,80665 \text{ m/s}^2) \\ &= 101,325 \text{ kg m/m}^2 \cdot \text{s}^2 \\ &= 101,325 \text{ N/m}^2 \\ &= 101,325 \text{ Pa}\end{aligned}$$

Na Seção 5.4 vimos que a constante dos gases perfeitos, R , é $0,082057 \text{ L} \cdot \text{atm/K} \cdot \text{mol}$. Usando os fatores de conversão

$$\begin{aligned}1 \text{ L} &= 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ atm} &= 101,325 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

escrevemos

$$\begin{aligned}R &= \left(0,082057 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}}\right) \left(\frac{1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}}\right) \left(\frac{101,325 \text{ N/m}^2}{1 \text{ atm}}\right) \\ &= 8,314 \frac{\text{N m}}{\text{K mol}} \\ &= 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}\end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned}1 \text{ L} \cdot \text{atm} &= (1 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(101,325 \text{ N/m}^2) \\ &= 101,3 \text{ N m} \\ &= 101,3 \text{ J}\end{aligned}$$

Dados termodinâmicos a 1 atm e 25°C*

3

Substâncias inorgânicas

Substâncias	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
Ag(s)	0	0	42,7
Ag ⁺ (aq)	105,9	77,1	73,9
AgCl(s)	-127,0	-109,7	96,1
AgBr(s)	-99,5	-95,9	107,1
AgI(s)	-62,4	-66,3	114,2
AgNO ₃ (s)	-123,1	-32,2	140,9
Al(s)	0	0	28,3
Al ³⁺ (aq)	-524,7	-481,2	-313,38
AlCl ₃ (s)	-705,6	-630,0	109,3
Al ₂ O ₃ (s)	-1669,8	-1576,4	50,99
As(s)	0	0	35,15
AsO ₄ ³⁻ (aq)	-870,3	-635,97	-144,77
AsH ₃ (g)	171,5		
H ₃ AsO ₄ (s)	-900,4		
Au(s)	0	0	47,7
Au ₂ O ₃ (s)	80,8	163,2	125,5
AuCl(s)	-35,2		
AuCl ₃ (s)	-118,4		
B(s)	0	0	6,5
B ₂ O ₃ (s)	-1263,6	-1184,1	54,0
H ₃ BO ₃ (s)	-1087,9	-963,16	89,58
H ₃ BO ₃ (aq)	-1067,8	-963,3	159,8
Ba(s)	0	0	66,9
Ba ²⁺ (aq)	-538,4	-560,66	12,55
BaO(s)	-558,2	-528,4	70,3
BaCl ₂ (s)	-860,1	-810,66	125,5
BaSO ₄ (s)	-1464,4	-1353,1	132,2
BaCO ₃ (s)	-1218,8	-1138,9	112,1
Be(s)	0	0	9,5
BeO(s)	-610,9	-581,58	14,1
Br ₂ (l)	0	0	152,3
Br ₂ (g)	30,91	3,11	245,3
Br ⁻ (aq)	-120,9	-102,8	80,7
HBr(g)	-36,2	-53,2	198,48
C(grafite)	0	0	5,69
C(diamante)	1,90	2,87	2,4
CO(g)	-110,5	-137,3	197,9
CO ₂ (g)	-393,5	-394,4	213,6
CO ₂ (aq)	-412,9	-386,2	121,3

*As quantidades termodinâmicas de íons baseiam-se nos estados de referência em que $\Delta H_f^\circ[\text{H}^+(aq)] = 0$, $\Delta G_f^\circ[\text{H}^+(aq)] = 0$ e $S^\circ[\text{H}^+(aq)] = 0$ (ver p. 784).

(Continua)

Substâncias	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
$\text{CO}_3^{2-}(aq)$	-676,3	-528,1	-53,1
$\text{HCO}_3^-(aq)$	-691,1	-587,1	94,98
$\text{H}_2\text{CO}_3(aq)$	-699,7	-623,2	187,4
$\text{CS}_2(g)$	115,3	65,1	237,8
$\text{CS}_2(l)$	87,3	63,6	151,0
$\text{HCN}(aq)$	105,4	112,1	128,9
$\text{CN}^-(aq)$	151,0	165,69	117,99
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(s)$	-333,19	-197,15	104,6
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(aq)$	-319,2	-203,84	173,85
$\text{Ca}(s)$	0	0	41,6
$\text{Ca}^{2+}(aq)$	-542,96	-553,0	-55,2
$\text{CaO}(s)$	-635,6	-604,2	39,8
$\text{Ca}(\text{OH})_2(s)$	-986,6	-896,8	83,4
$\text{CaF}_2(s)$	-1214,6	-1161,9	68,87
$\text{CaCl}_2(s)$	-794,96	-750,19	113,8
$\text{CaSO}_4(s)$	-1432,69	-1320,3	106,69
$\text{CaCO}_3(s)$	-1206,9	-1128,8	92,9
$\text{Cd}(s)$	0	0	51,46
$\text{Cd}^{2+}(aq)$	-72,38	-77,7	-61,09
$\text{CdO}(s)$	-254,6	-225,06	54,8
$\text{CdCl}_2(s)$	-389,1	-342,59	118,4
$\text{CdSO}_4(s)$	-926,17	-820,2	137,2
$\text{Cl}_2(g)$	0	0	223,0
$\text{Cl}^-(aq)$	-167,2	-131,2	56,5
$\text{HCl}(g)$	-92,3	-95,27	187,0
$\text{Co}(s)$	0	0	28,45
$\text{Co}^{2+}(aq)$	-67,36	-51,46	155,2
$\text{CoO}(s)$	-239,3	-213,38	43,9
$\text{Cr}(s)$	0	0	23,77
$\text{Cr}^{2+}(aq)$	-138,9		
$\text{Cr}_2\text{O}_3(s)$	-1128,4	-1046,8	81,17
$\text{CrO}_4^{2-}(aq)$	-863,16	-706,26	38,49
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq)$	-1460,6	-1257,29	213,8
$\text{Cs}(s)$	0	0	82,8
$\text{Cs}^+(aq)$	-247,69	-282,0	133,05
$\text{Cu}(s)$	0	0	33,3
$\text{Cu}^+(aq)$	51,88	50,2	-26,4
$\text{Cu}^{2+}(aq)$	64,39	64,98	-99,6
$\text{CuO}(s)$	-155,2	-127,2	43,5
$\text{Cu}_2\text{O}(s)$	-166,69	-146,36	100,8
$\text{CuCl}(s)$	-134,7	-118,8	91,6
$\text{CuCl}_2(s)$	-205,85	?	?
$\text{CuS}(s)$	-48,5	-49,0	66,5
$\text{CuSO}_4(s)$	-769,86	-661,9	113,39
$\text{F}_2(g)$	0	0	203,34
$\text{F}^-(aq)$	-329,1	-276,48	-9,6
$\text{HF}(g)$	-271,6	-270,7	173,5
$\text{Fe}(s)$	0	0	27,2

Substâncias	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
Fe ²⁺ (aq)	-87,86	-84,9	-113,39
Fe ³⁺ (aq)	-47,7	-10,5	-293,3
FeCl ₃ (s)	-400	-334	142,3
FeO(s)	-272,0	-255,2	60,8
Fe ₂ O ₃ (s)	-822,2	-741,0	90,0
Fe(OH) ₂ (s)	-568,19	-483,55	79,5
Fe(OH) ₃ (s)	-824,25	?	?
H(g)	218,2	203,2	114,6
H ₂ (g)	0	0	131,0
H ⁺ (aq)	0	0	0
OH ⁻ (aq)	-229,94	-157,30	-10,5
H ₂ O(g)	-241,8	-228,6	188,7
H ₂ O(l)	-285,8	-237,2	69,9
H ₂ O ₂ (l)	-187,6	-118,1	?
Hg(l)	0	0	77,4
Hg ²⁺ (aq)		-164,38	
HgO(s)	-90,7	-58,5	72,0
HgCl ₂ (s)	-230,1		
Hg ₂ Cl ₂ (s)	-264,9	-210,66	196,2
HgS(s)	-58,16	-48,8	77,8
HgSO ₄ (s)	-704,17		
Hg ₂ SO ₄ (s)	-741,99	-623,92	200,75
I ₂ (s)	0	0	116,7
I ₂ (g)	62,25	19,37	260,6
I(g)	106,6	70,16	180,7
I ⁻ (aq)	-55,9	-51,67	109,37
HI(g)	25,9	1,30	206,3
K(s)	0	0	63,6
K ⁺ (aq)	-251,2	-282,28	102,5
KOH(s)	-425,85		
KCl(s)	-435,87	-408,3	82,68
KClO ₃ (s)	-391,20	-289,9	142,97
KClO ₄ (s)	-433,46	-304,18	151,0
KBr(s)	-392,17	-379,2	96,4
KI(s)	-327,65	-322,29	104,35
KNO ₃ (s)	-492,7	-393,1	132,9
Li(s)	0	0	28,0
Li ⁺ (aq)	-278,46	-293,8	14,2
Li ₂ O(s)	-595,8	?	?
LiOH(s)	-487,2	-443,9	50,2
Mg(s)	0	0	32,5
Mg ²⁺ (aq)	-461,96	-456,0	-117,99
MgO(s)	-601,8	-569,6	26,78
Mg(OH) ₂ (s)	-924,66	-833,75	63,1
MgCl ₂ (s)	-641,8	-592,3	89,5
MgSO ₄ (s)	-1278,2	-1173,6	91,6
MgCO ₃ (s)	-1112,9	-1029,3	65,69

(Continua)

Substâncias	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
Mn(s)	0	0	31,76
Mn ²⁺ (aq)	-218,8	-223,4	-83,68
MnO ₂ (s)	-520,9	-466,1	53,1
N ₂ (g)	0	0	191,5
N ₃ ⁻ (aq)	245,18	?	?
NH ₃ (g)	-46,3	-16,6	193,0
NH ₄ ⁺ (aq)	-132,80	-79,5	112,8
NH ₄ Cl(s)	-315,39	-203,89	94,56
NH ₄ NO ₃ (s)	-365,6	-184,0	151
NH ₃ (aq)	-80,3	-26,5	111,3
N ₂ H ₄ (l)	50,4		
NO(g)	90,4	86,7	210,6
NO ₂ (g)	33,85	51,8	240,46
N ₂ O ₄ (g)	9,66	98,29	304,3
N ₂ O(g)	81,56	103,6	219,99
HNO ₂ (aq)	-118,8	-53,6	
HNO ₃ (l)	-173,2	-79,9	155,6
NO ₃ ⁻ (aq)	-206,57	-110,5	146,4
Na(s)	0	0	51,05
Na ⁺ (aq)	-239,66	-261,87	60,25
Na ₂ O(s)	-415,9	-376,56	72,8
NaCl(s)	-411,0	-384,0	72,38
NaI(s)	-288,0		
Na ₂ SO ₄ (s)	-1384,49	-1266,8	149,49
NaNO ₃ (s)	-466,68	-365,89	116,3
Na ₂ CO ₃ (s)	-1130,9	-1047,67	135,98
NaHCO ₃ (s)	-947,68	-851,86	102,09
Ni(s)	0	0	30,1
Ni ²⁺ (aq)	-64,0	-46,4	-159,4
NiO(s)	-244,35	-216,3	38,58
Ni(OH) ₂ (s)	-538,06	-453,1	79,5
O(g)	249,4	230,1	160,95
O ₂ (g)	0	0	205,0
O ₃ (aq)	-12,09	16,3	110,88
O ₃ (g)	142,2	163,4	237,6
P(branco)	0	0	44,0
P(vermelho)	-18,4	13,8	29,3
PO ₄ ³⁻ (aq)	-1284,07	-1025,59	-217,57
P ₄ O ₁₀ (s)	-3012,48		
PH ₃ (g)	9,25	18,2	210,0
HPO ₄ ²⁻ (aq)	-1298,7	-1094,1	-35,98
H ₂ PO ₄ ⁻ (aq)	-1302,48	-1135,1	89,1
Pb(s)	0	0	64,89
Pb ²⁺ (aq)	1,6	-24,3	21,3
PbO(s)	-217,86	-188,49	69,45
PbO ₂ (s)	-276,65	-218,99	76,57
PbCl ₂ (s)	-359,2	-313,97	136,4
PbS(s)	-94,3	-92,68	91,2
PbSO ₄ (s)	-918,4	-811,2	147,28

Substâncias	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
Pt(s)	0	0	41,84
PtCl ₄ ²⁻ (aq)	-516,3	-384,5	175,7
Rb(s)	0	0	69,45
Rb ⁺ (aq)	-246,4	-282,2	124,27
S(rômbico)	0	0	31,88
S(monoclínico)	0,30	0,10	32,55
SO ₂ (g)	-296,4	-300,4	248,5
SO ₃ (g)	-395,2	-370,4	256,2
SO ₃ ²⁻ (aq)	-624,25	-497,06	43,5
SO ₄ ²⁻ (aq)	-907,5	-741,99	17,15
H ₂ S(g)	-20,15	-33,0	205,64
HSO ₃ ⁻ (aq)	-627,98	-527,3	132,38
HSO ₄ ⁻ (aq)	-885,75	-752,87	126,86
H ₂ SO ₄ (l)	-811,3	?	?
SF ₆ (g)	-1096,2	?	?
Si(s)	0	0	18,70
SiO ₂ (s)	-859,3	-805,0	41,84
Sr(s)	0	0	54,39
Sr ²⁺ (aq)	-545,5	-557,3	-39,33
SrCl ₂ (s)	-828,4	-781,15	117,15
SrSO ₄ (s)	-1444,74	-1334,28	121,75
SrCO ₃ (s)	-1218,38	-1137,6	97,07
Zn(s)	0	0	41,6
Zn ²⁺ (aq)	-152,4	-147,2	-106,48
ZnO(s)	-348,0	-318,2	43,9
ZnCl ₂ (s)	-415,89	-369,26	108,37
ZnS(s)	-202,9	-198,3	57,7
ZnSO ₄ (s)	-978,6	-871,6	124,7

Substâncias orgânicas

Substância	Fórmula	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/K · mol)
Acetileno(g)	C ₂ H ₂	226,6	209,2	200,8
Acetona(l)	CH ₃ COCH ₃	-246,8	-153,55	198,7
Ácido acético(l)	CH ₃ COOH	-484,2	-389,45	159,8
Ácido fórmico(l)	HCOOH	-409,2	-346,0	129,0
Acetoaldeído(g)	CH ₃ CHO	-166,35	-139,08	264,2
Benzeno(l)	C ₆ H ₆	49,04	124,5	172,8
Butano(g)	C ₄ H ₁₀	-124,7	-15,7	310,0
Etano(g)	C ₂ H ₆	-84,7	-32,89	229,5
Etanol(l)	C ₂ H ₅ OH	-276,98	-174,18	161,0
Etanol(g)	C ₂ H ₅ OH	-235,1	-168,5	282,7
Etileno(g)	C ₂ H ₄	52,3	68,1	219,5
Glicose(s)	C ₆ H ₁₂ O ₆	-1274,5	-910,56	212,1
Metano(g)	CH ₄	-74,85	-50,8	186,2
Metanol(l)	CH ₃ OH	-238,7	-166,3	126,8
Propano(g)	C ₃ H ₈	-103,9	-23,5	269,9
Sacarose(s)	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-2221,7	-1544,3	360,2

4

Operações matemáticas

Logaritmos

Logaritmos comuns

O conceito de logaritmo é uma extensão do conceito de expoente, o qual é discutido no Capítulo 1. O *logaritmo comum (decimal)*, ou de base 10, de um número é o expoente a que 10 deverá ser elevado a fim de obter esse número. Os exemplos seguintes ilustram esta relação:

Logaritmo	Expoente
$\log 1 = 0$	$10^0 = 1$
$\log 10 = 1$	$10^1 = 10$
$\log 100 = 2$	$10^2 = 100$
$\log 10^{-1} = -1$	$10^{-1} = 0,1$
$\log 10^{-2} = -2$	$10^{-2} = 0,01$

Em cada caso, o logaritmo do número pode ser obtido por verificação.

Como os logaritmos dos números são expoentes, eles têm as mesmas propriedades dos expoentes. Assim, temos

Logaritmo	Expoente
$\log AB = \log A + \log B$	$10^A \times 10^B = 10^{A+B}$
$\log \frac{A}{B} = \log A - \log B$	$\frac{10^A}{10^B} = 10^{A-B}$

Além disso, $\log A^n = n \log A$.

Suponha agora que queiramos obter o logaritmo decimal de $6,7 \times 10^{-4}$. Em quase todas as calculadoras, primeiro introduzimos o número e em seguida pressionamos a tecla log. Esta operação nos dá

$$\log 6,7 \times 10^{-4} = -3,17$$

Note que o número de casas decimais do resultado é igual ao dos algarismos significativos do número inicial. O número inicial tem dois algarismos significativos e o “17” em $-3,17$ indica que o log tem dois algarismos significativos. O número “3” em $-3,17$ serve apenas para localizar a vírgula decimal no número $6,7 \times 10^{-4}$. Outros exemplos são:

Logaritmo	Logaritmo comum
62	1,79
0,872	-0,0595
$1,0 \times 10^{-7}$	-7,00

Por vezes (como no caso de cálculos de pH) é necessário obter o número cujo logaritmo é conhecido. Este procedimento, conhecido como cálculo do antilogaritmo, é simplesmente o inverso do cálculo do logaritmo de um número. Suponha que em um determinado cálculo temos $\text{pH} = 1,46$ e devemos calcular $[\text{H}^+]$. A partir da definição de pH ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$), escrevemos

$$[\text{H}^+] = 10^{-1,46}$$

Muitas calculadoras possuem a tecla \log^{-1} ou INV log para obter os antilogaritmos. Outras calculadoras têm as teclas 10^x ou y^x (onde, no nosso exemplo, x corresponde a $-1,46$ e y é 10 para um logaritmo de base 10). Logo, chegamos a $[H^+] = 0,035 M$.

Logaritmos naturais

Os logaritmos nos quais a base é e em vez de 10 são conhecidos como logaritmos neperianos, também chamados naturais (representados por \ln ou \log_e); e (número de Neper) é igual a 2,7183. A relação entre os logaritmos neperianos e os logaritmos decimais é a seguinte:

$$\begin{aligned} \log 10 &= 1 & 10^1 &= 10 \\ \ln 10 &= 2,303 & e^{2,303} &= 10 \end{aligned}$$

Assim, $\ln x = 2,303 \log x$

Para determinar o logaritmo natural de 2,27, primeiro introduzimos o número na calculadora e depois pressionamos a tecla \ln e obtemos

$$\ln 2,27 = 0,820$$

Se não existir uma tecla \ln , podemos proceder como segue:

$$\begin{aligned} 2,303 \log 2,27 &= 2,303 \times 0,356 \\ &= 0,820 \end{aligned}$$

Por vezes, temos o logaritmo natural e devemos calcular o número que ele representa. Por exemplo

$$\ln x = 59,7$$

Em muitas calculadoras, apenas introduzimos o número e pressionamos a tecla e :

$$x = e^{59,7} = 8 \times 10^{25}$$

Equação de segundo grau

Uma equação de segundo grau tem a seguinte forma:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Se os coeficientes a , b e c forem conhecidos, então x é dado por

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Suponha que temos a seguinte equação de segundo grau:

$$2x^2 + 5x - 12 = 0$$

Resolvendo x , escrevemos

$$\begin{aligned} x &= \frac{-5 \pm \sqrt{(5)^2 - 4(2)(-12)}}{2(2)} \\ &= \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 96}}{4} \end{aligned}$$

Portanto,

$$x = \frac{-5 + 11}{4} = \frac{3}{2}$$

e

$$x = \frac{-5 - 11}{4} = -4$$