Metalurgia y la química de los metales

Capítulo 20

Un **mineral** es una sustancia que existe de una forma natural y que tiene un determinado rango de composiciones químicas.

Una **mena** es un depósito de minerales lo suficientemente concentrado como para permitir la obtención económica de un metal deseado.

*La **Metalurgia*** es la ciencia y tecnología que trata de la separación de los los metales de sus menas y de las aleaciones.

Una **aleación** es una solución sólida formada por dos o más metales o de un metal(es) con uno o más no metales.

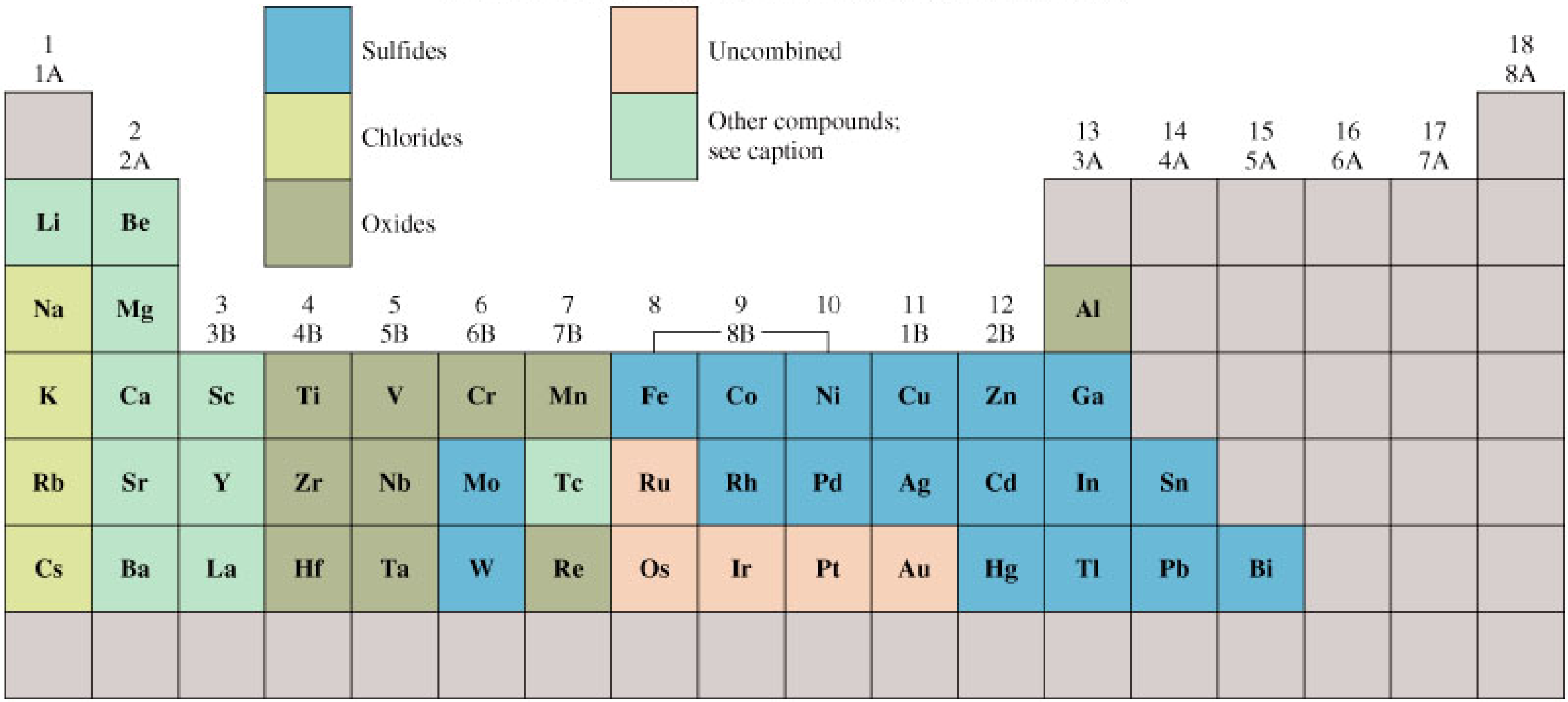
Recuperación de un metal de su mena:

1. Preparación de la mena
2. Producción del metal
3. Purificación del metal

TABLE 20.1 Principal Types of Minerals

Type	Minerals
Uncombined metals	Ag, Au, Bi, Cu, Pd, Pt
Carbonates	$BaCO_3$ (witherite), $CaCO_3$ (calcite, limestone), $MgCO_3$ (magnesite), $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ (dolomite), $PbCO_3$ (cerussite), $ZnCO_3$ (smithsonite)
Halides	CaF_2 (fluorite), NaCl (halite), KCl (sylvite), Na_3AlF_6 (cryolite)
Oxides	$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ (bauxite), Al_2O_3 (corundum), Fe_2O_3 (hematite), Fe_3O_4 (magnetite), Cu_2O (cuprite), MnO_2 (pyrolusite), SnO_2 (cassiterite), TiO_2 (rutile), ZnO (zincite)
Phosphates	$Ca_3(PO_4)_2$ (phosphate rock), $Ca_5(PO_4)_3OH$ (hydroxyapatite)
Silicates	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$ (beryl), $ZrSiO_4$ (zircon), $NaAlSi_3O_8$ (albite), $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ (talc)
Sulfides	Ag_2S (argentite), CdS (greenockite), Cu_2S (chalcocite), FeS_2 (pyrite), HgS (cinnabar), PbS (galena), ZnS (sphalerite)
Sulfates	$BaSO_4$ (barite), $CaSO_4$ (anhydrite), $PbSO_4$ (anglesite), $SrSO_4$ (celestite), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (epsomite)

Metales y sus minerales más conocidos



Producción de metales

Tostado

$$CaCO_3\ (s) \longrightarrow CaO\ (s) + CO_2\ (g)$$

$$2PbS\ (s) + 3O_2\ (g) \longrightarrow 2PbO\ (s) + 2SO_2\ (g)$$

Reducción química

$$TiCl_4\ (g) + 2Mg\ (l) \longrightarrow Ti\ (s) + 2MgCl_2\ (l)$$

$$Cr_2O_3\ (s) + 2Al\ (s) \longrightarrow 2Cr\ (l) + Al_2O_3\ (s)$$

$$WO_3\ (s) + 3H_2\ (g) \longrightarrow W\ (s) + 3H_2O\ (g)$$

Reducción electrolítica

$$2MO\ (l) \longrightarrow 2M\ \text{(en cátodo)} + O_2\ \text{(en ánodo)}$$

$$2MCl\ (l) \longrightarrow 2M\ \text{(en cátodo)} + Cl_2\ \text{(en ánodo)}$$

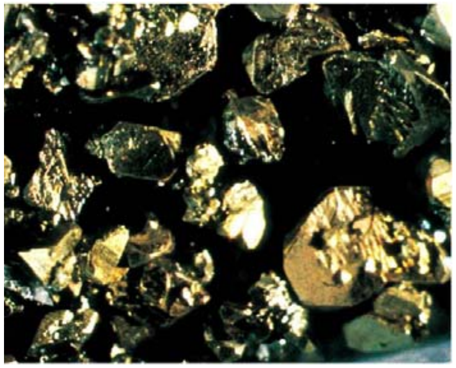


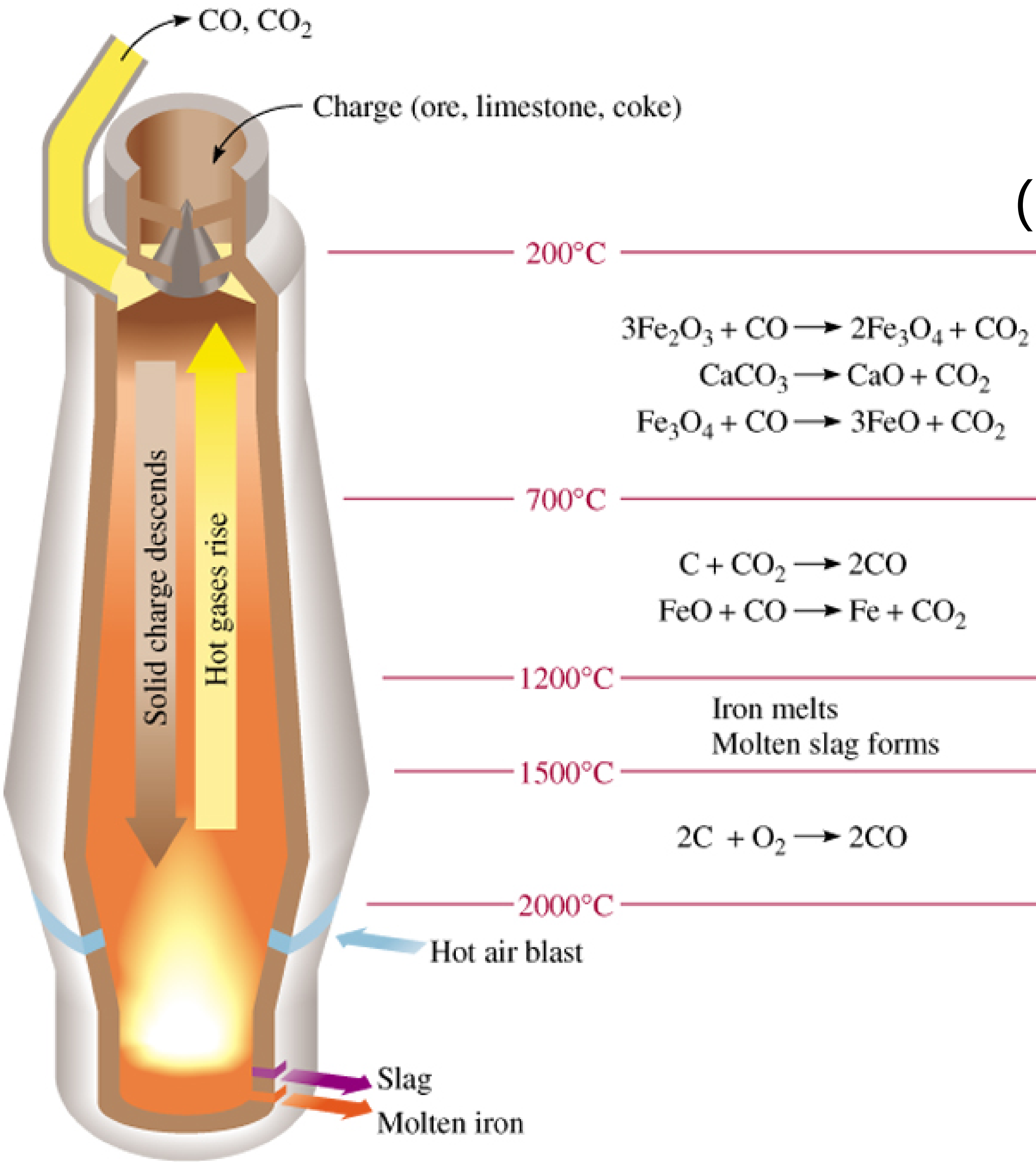
TABLE 20.2 Reduction Processes for Some Common Metals

Decreasing activity of metals	Metal	Reduction Process
↓	Lithium, sodium, magnesium, calcium	Electrolytic reduction of the molten chloride
	Aluminum	Electrolytic reduction of anhydrous oxide (in molten cryolite)
	Chromium, manganese, titanium, vanadium, iron, zinc	Reduction of the metal oxide with a more electropositive metal, or reduction with coke and carbon monoxide
	Mercury, silver, platinum, copper, gold	These metals occur in the free (uncombined) state or can be obtained by roasting their sulfides

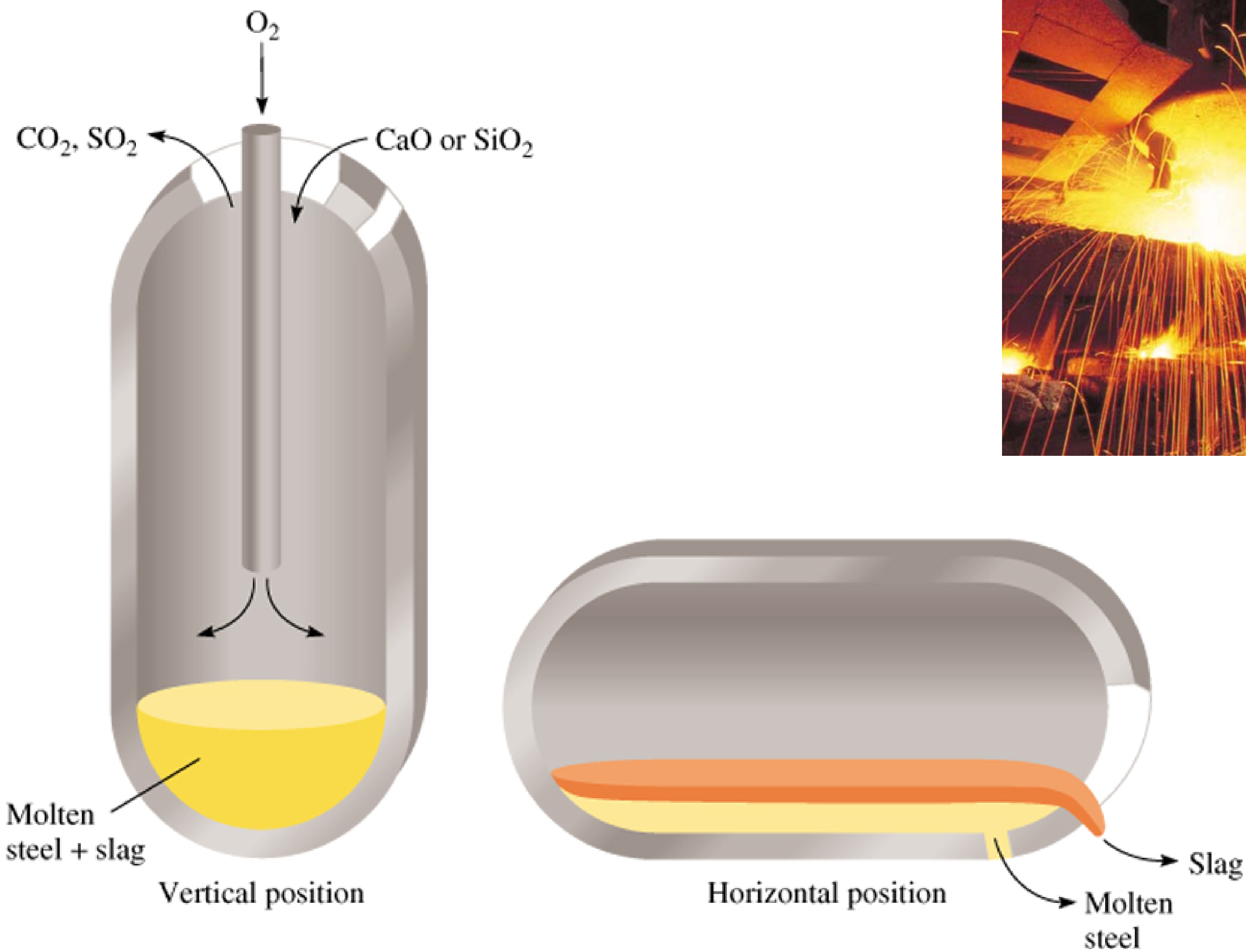
20.2

Alto horno para producir fierro

(proceso de reducción)



Manufactura de acero mediante la aplicaión de oxígeno (proceso de oxidación)



20.2

TABLE 20.3 Types of Steel

	Composition (Percent by Mass)*								
Type	**C**	**Mn**	**P**	**S**	**Si**	**Ni**	**Cr**	**Others**	**Uses**
Plain	1.35	1.65	0.04	0.05	0.06	—	—	Cu (0.2–0.6)	Sheet products, tools
High-strength	0.25	1.65	0.04	0.05	0.15–0.9	0.4–1.0	0.3–1.3	Cu (0.01–0.08)	Construction, steam turbines
Stainless	0.03–1.2	1.0–10	0.04–0.06	0.03	1–3	1–22	4.0–27	—	Kitchen utensils, razor blades

*A single number indicates the maximum amount of the substance present.

Purificación de metales

Destilación

$$Ni\ (s) + 4CO\ (g) \xrightarrow{70\ ^0C} NiCO_4\ (g)$$

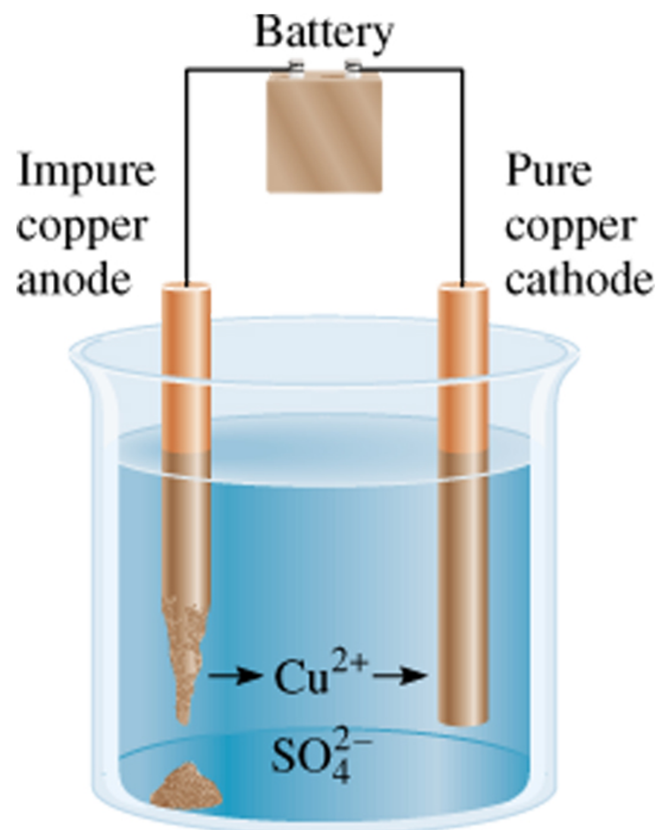
$$NiCO_4\ (g) \xrightarrow{200\ ^0C} Ni\ (s) + 4CO\ (g)$$

Electrólisis

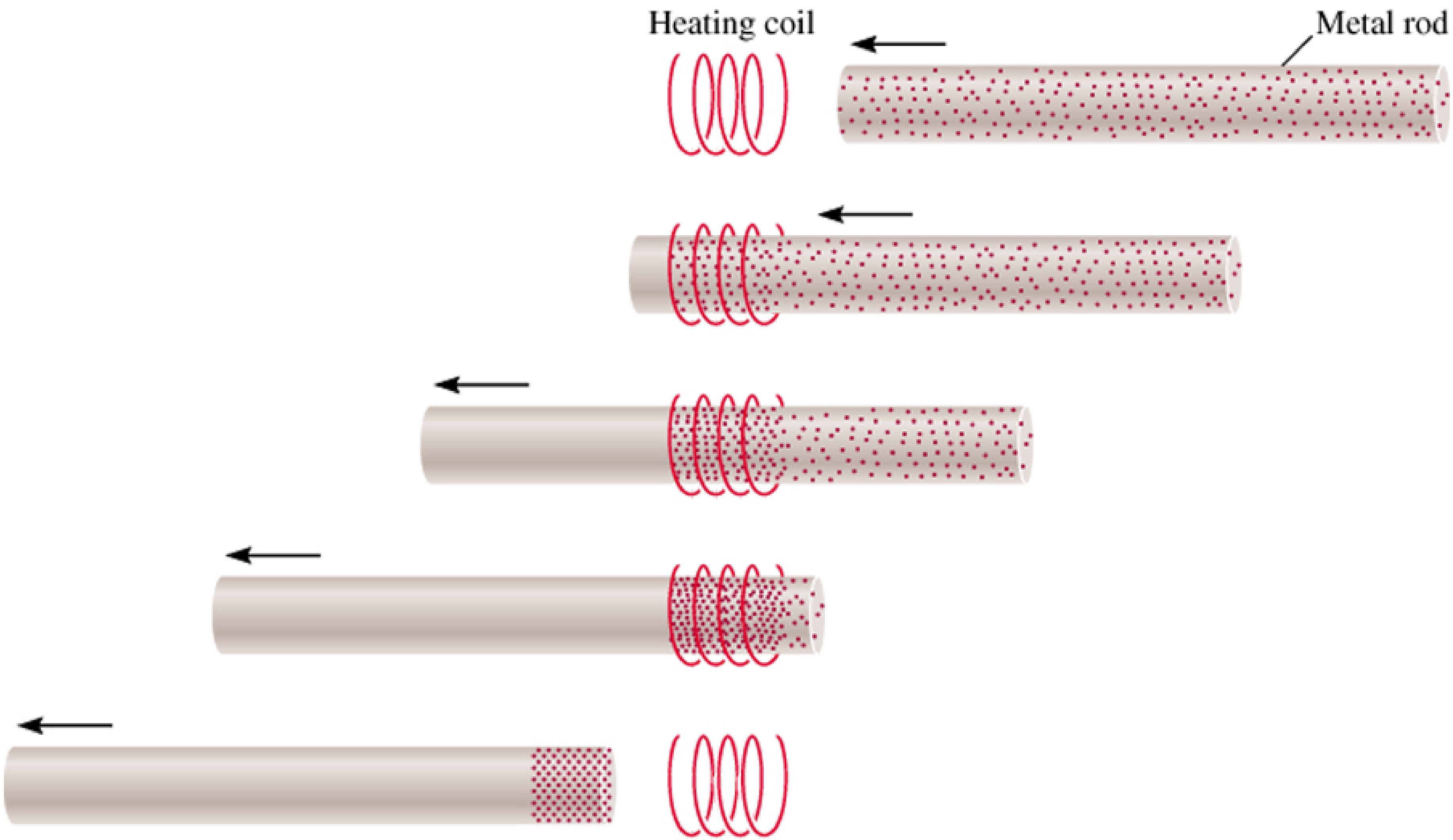
$$Cu\ (s)\ (\text{impuro}) \longrightarrow Cu^{2+}\ (ac) + 2e^-$$

$$Cu^{2+}\ (ac) + 2e^- \longrightarrow Cu\ (s)\ (\text{puro})$$

Refinación de zona

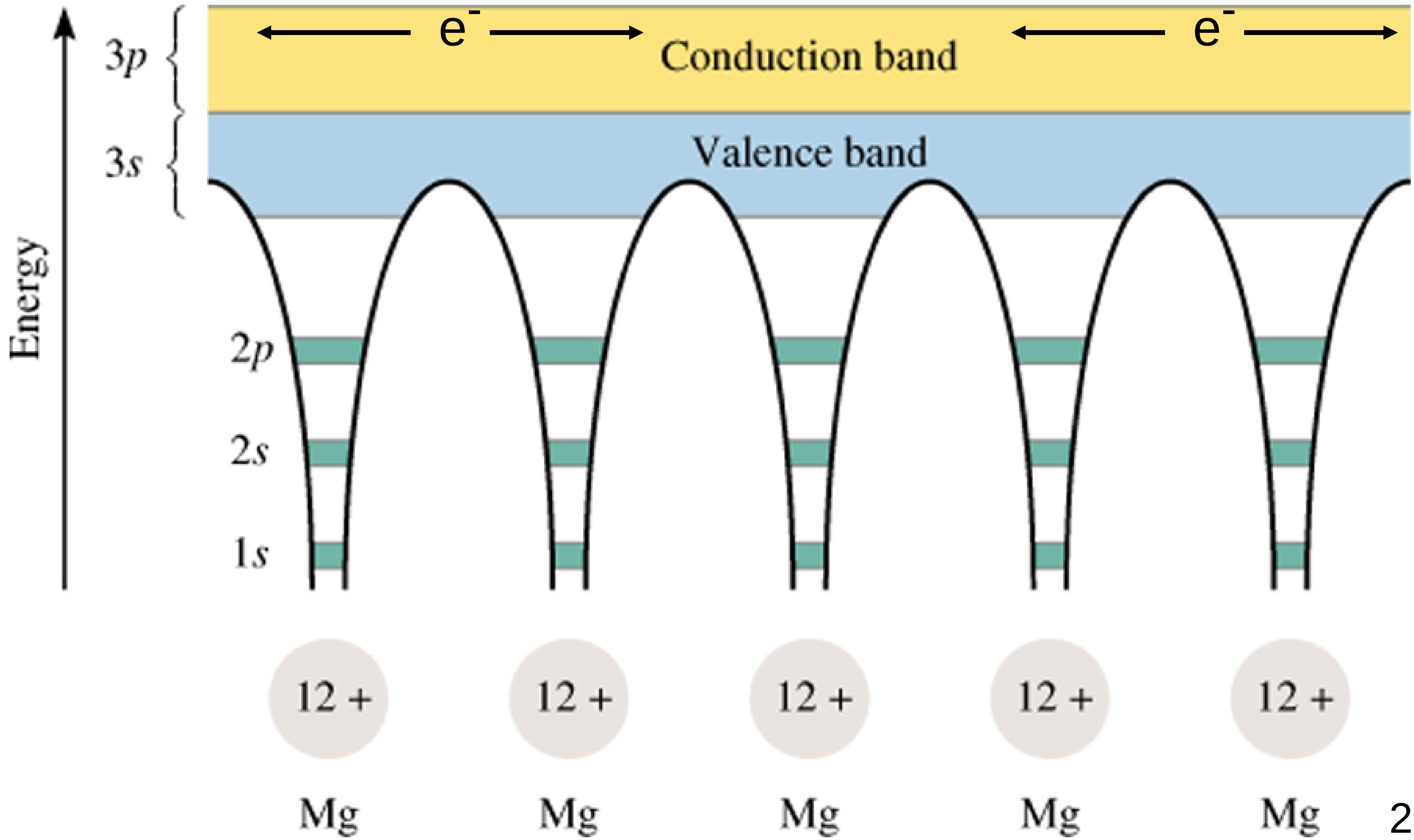


Refinación de zona de metales

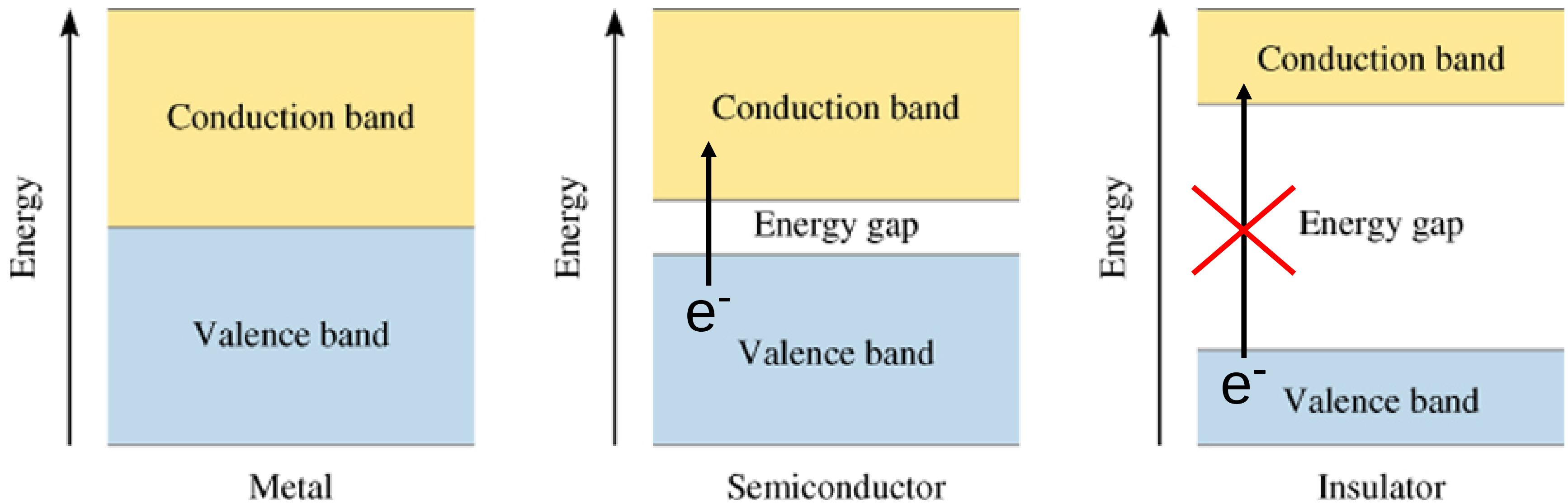


En la **teoría de la conductividad de las bandas,** los electrones deslocalizados se mueven libremente a través de “bandas” formadas por orbitales moleculares traslapados.

Mg $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ or $[Ne]3s^2$



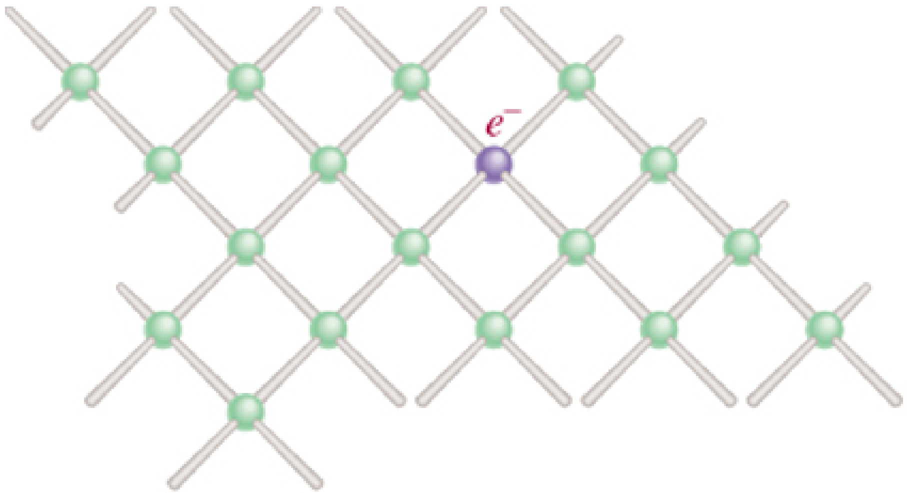
Espacios de energía entre valencia y bandas conductivas en metales, semiconductores y aislantes

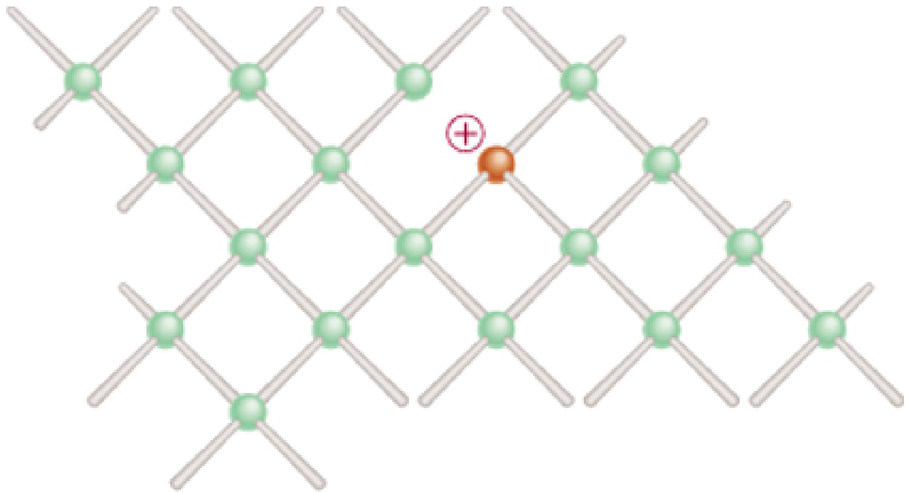


Semiconductores

Si

[Ne]$3s^2 3p^2$





Semiconductor tipo-n

Impurezas del donador

P

[Ne]$3s^2 3p^3$

Semiconductor tipo-p

Impurezas del receptor

B

[Ne]$3s^2 3p^1$

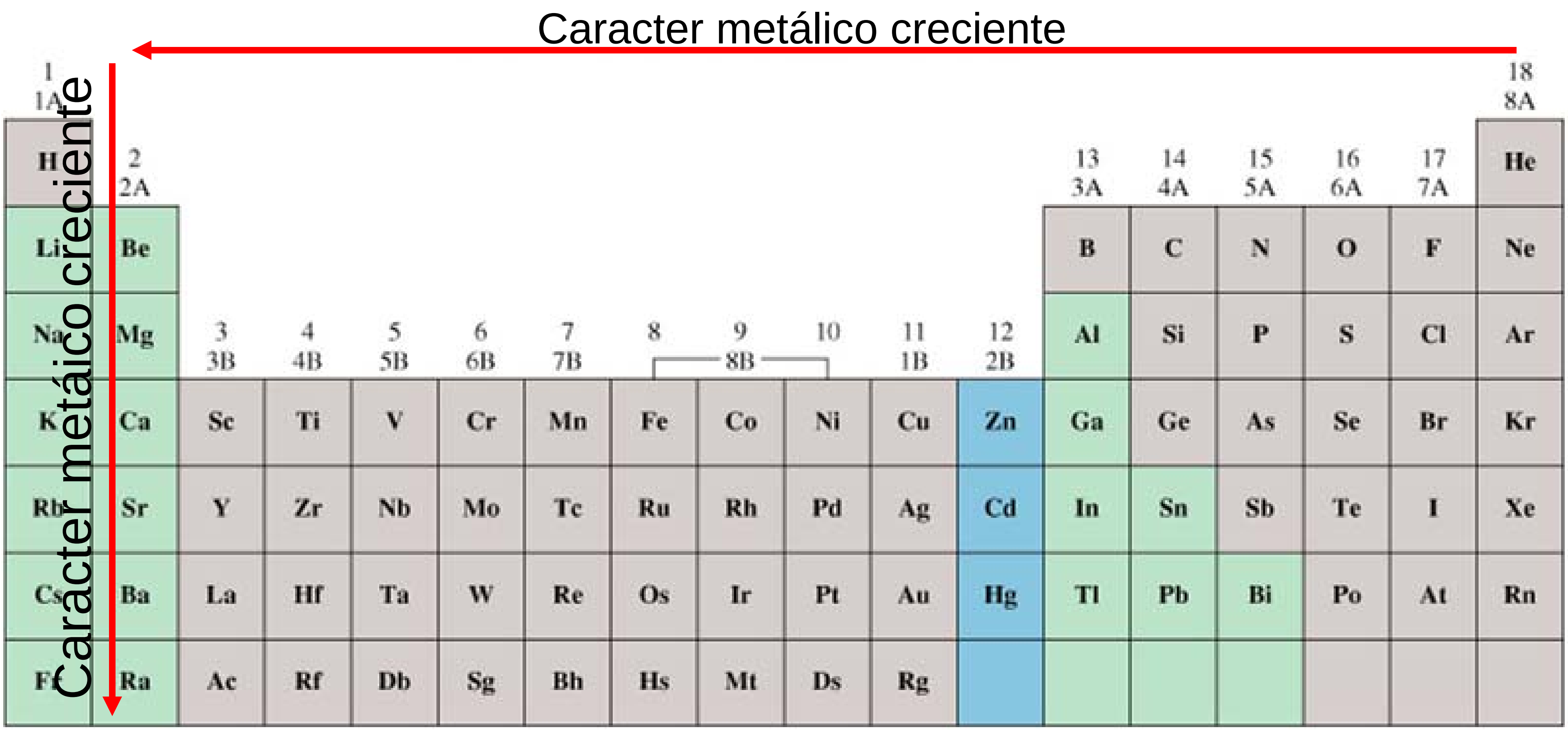

Caracter metálico creciente
Caracter metálico creciente
1 1A
18 8A
H
2 2A
13 3A
14 4A
15 5A
16 6A
17 7A
He
Li Be B C N O F Ne
Na Mg
3 3B
4 4B
5 5B
6 6B
7 7B
8
9 8B
10
11 1B
12 2B
Al Si P S Cl Ar
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr
Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe
Cs Ba La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn
Fr Ra Ac Rf Db Sg Bh Hs Mt Ds Rg

TABLE 20.4 **Properties of Alkali Metals**

	Li	Na	K	Rb	Cs
Valence electron configuration	$2s^1$	$3s^1$	$4s^1$	$5s^1$	$6s^1$
Density (g/cm^3)	0.534	0.97	0.86	1.53	1.87
Melting point (°C)	179	97.6	63	39	28
Boiling point (°C)	1317	892	770	688	678
Atomic radius (pm)	155	190	235	248	267
Ionic radius (pm)*	60	95	133	148	169
Ionization energy (kJ/mol)	520	496	419	403	375
Electronegativity	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7
Standard reduction potential (V)†	−3.05	−2.71	−2.93	−2.93	−2.92

*Refers to the cation M^+, where M denotes an alkali metal atom.
†The half-reaction $M^+(aq) + e^- \longrightarrow M(s)$.

Metales alcalinos (ns^1, n $\geq$ 2)

$$M \longrightarrow M^{+1} + 1e^-$$

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2MOH_{(ac)} + H_{2(g)}$$

$$2M_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow M_2O_{(s)}$$

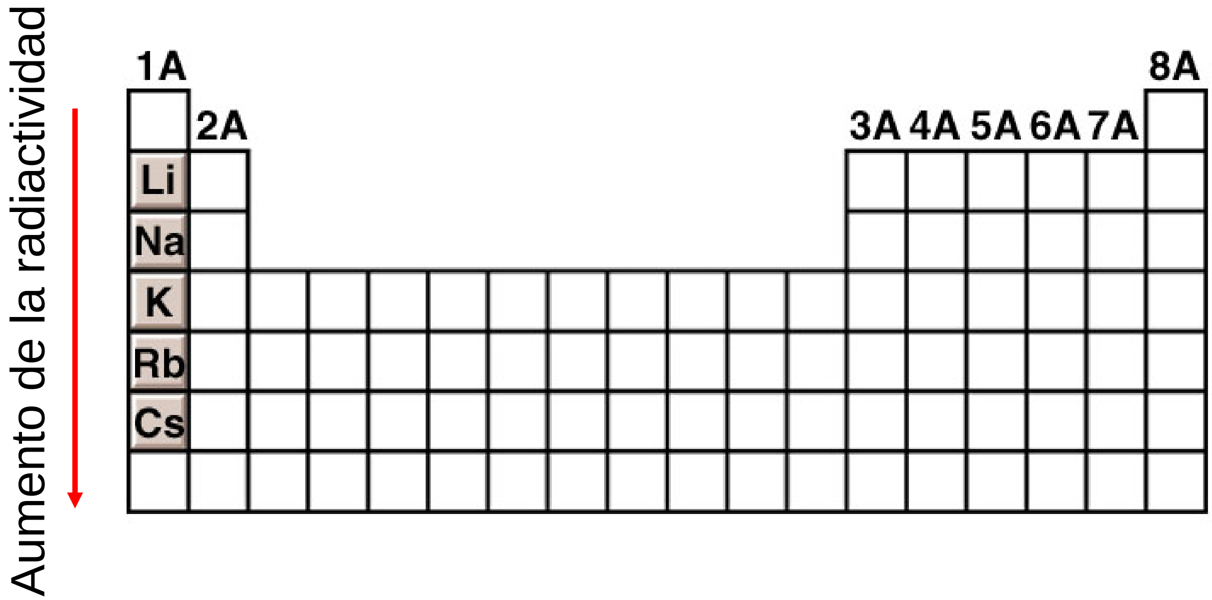


TABLE 20.5 Properties of Alkaline Earth Metals

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Valence electron configuration	$2s^2$	$3s^2$	$4s^2$	$5s^2$	$6s^2$
Density (g/cm^3)	1.86	1.74	1.55	2.6	3.5
Melting point (°C)	1280	650	838	770	714
Boiling point (°C)	2770	1107	1484	1380	1640
Atomic radius (pm)	112	160	197	215	222
Ionic radius (pm)*	31	65	99	113	135
First and second ionization	899	738	590	548	502
energies (kJ/mol)	1757	1450	1145	1058	958
Electronegativity	1.5	1.2	1.0	1.0	0.9
Standard reduction potential (V)†	−1.85	−2.37	−2.87	−2.89	−2.90

*Refers to the cation M^{2+}, where M denotes an alkali earth metal atom.
†The half-reaction is $M^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow M(s)$.

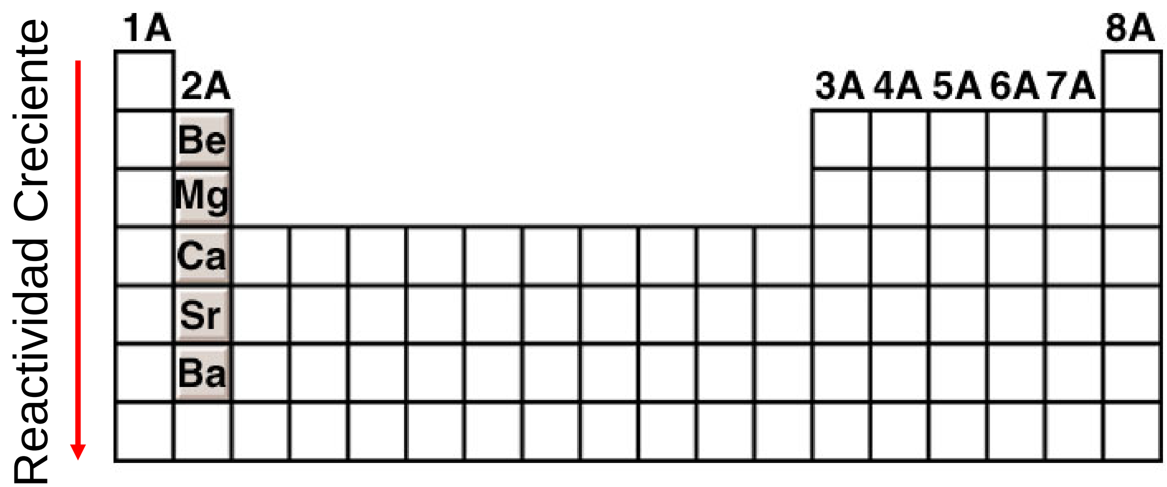
Metales alcalinotérreos (ns^2, $n \geq 2$)

$$M \longrightarrow M^{+2} + 2e^-$$

$$Be_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow \text{No reacciona}$$

$$Mg_{(s)} + H_2O_{(g)} \longrightarrow MgO_{(s)} + H_{2(g)}$$

$$M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow M(OH)_{2(ac)} + H_{2(g)} \quad M = Ca, Sr, \text{ or } Ba$$



Aluminio

$Al_2O_3\ (s)$ impuro $+\ 2OH^-\ (ac) \longrightarrow 2AlO_2^-\ (ac) + H_2O\ (l)$

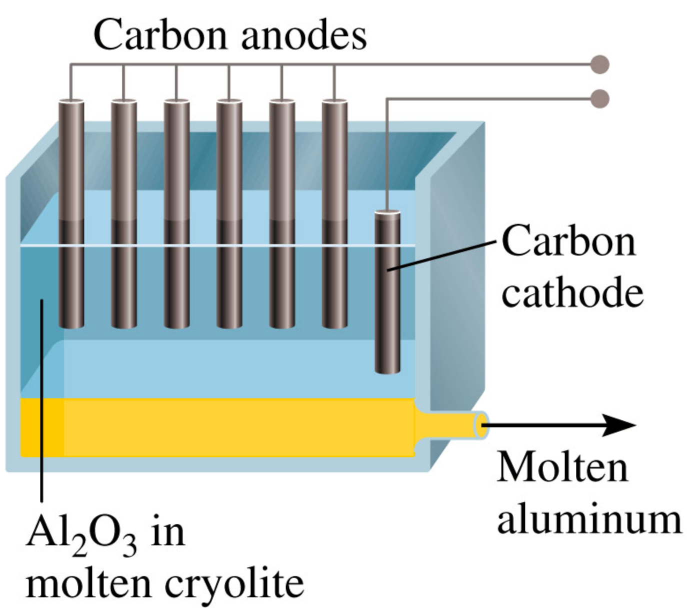
$AlO_2^-\ (s) + H_3O^+\ (ac) \longrightarrow Al(OH)_3\ (s)$

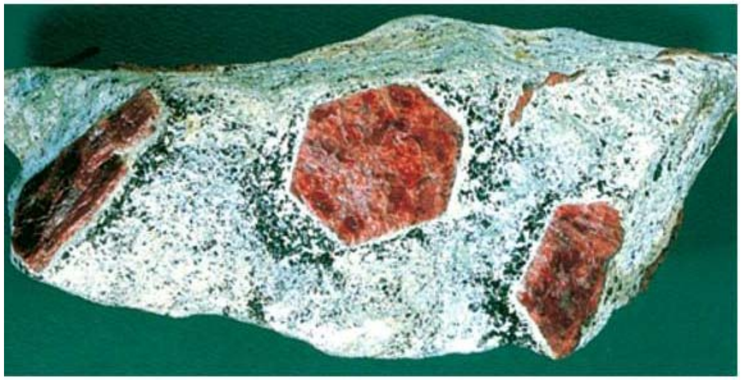
$2Al(OH)_3\ (s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3\ (s) + 3H_2O\ (g)$

Ánodo: $3[2O^{2-} \longrightarrow O_2\ (g) + 4e^-]$

Cátodo: $4[Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al\ (l)]$

$2Al_2O_3 \longrightarrow 4Al\ (l) + 3O_2\ (g)$





La Química en acción: Reciclado de aluminio

(Colecta y purificación de aluminio reciclado)

Collecting and Purifying Recycled Al