

Tema 9. Metales de transición. Propiedades de los metales de transición. Configuraciones electrónicas. Variación de las propiedades físicas generales: puntos de fusión y ebullición, radios atómicos, densidad. Variación de las propiedades químicas: potenciales de ionización, electronegatividad y potenciales estándar de reducción. Estabilidad relativa de los diferentes estados de oxidación. Propiedades generales de los haluros y óxidos.

Main groups		Transition-metal groups										Main groups					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	2											5	6	7	8	9	10
H	He											B	C	N	O	F	Ne
3	4											13	14	15	16	17	18
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
11	12	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Na	Mg	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
19	20	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
K	Ca	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
37	38	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Rb	Sr	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
55	56	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112						
Cs	Ba	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt				114			116		
87	88																
Fr	Ra																

Lanthanides	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actinides	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Propiedades de los elementos de transición

	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Atomic number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Electron config. ^a	$3d^14s^2$	$3d^24s^2$	$3d^34s^2$	$3d^54s^1$	$3d^54s^2$	$3d^64s^2$	$3d^74s^2$	$3d^84s^2$	$3d^{10}4s^1$	$3d^{10}4s^2$
Metallic radius, pm	161	145	132	125	124	124	125	125	128	133
Ioniz energy, kJ/mol										
First	631	658	650	653	717	759	758	737	745	906
Second	1235	1310	1414	1592	1509	1561	1646	1753	1958	1733
Third	2389	2653	2828	2987	3248	2957	3232	3393	3554	3833
E° , V ^b	-2.03	-1.63	-1.13	-0.90	-1.18	-0.440	-0.277	-0.257	+0.340	-0.763
Common positive oxidation states ^c	3	2, 3, 4	2, 3, 4, 5	2, 3, 6	2, 3, 4, 7	2, 3, 6	2, 3	2, 3	1, 2	2
mp, °C	1397	1672	1710	1900	1244	1530	1495	1455	1083	420
Density, g/cm ³	3.00	4.50	6.11	7.14	7.43	7.87	8.90	8.91	8.95	7.14
Hardness ^d	—	—	—	9.0	5.0	4.5	—	—	2.8	2.5
Electrical conductivity ^e	3	4	6	12	1	16	25	23	93	27

^aEach atom has an argon inner-core configuration.

^bFor the reduction process, $M^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow M(s)$ [except for scandium, where the ion is $Sc^{3+}(aq)$].

^cThe most important oxidation states are printed in red.

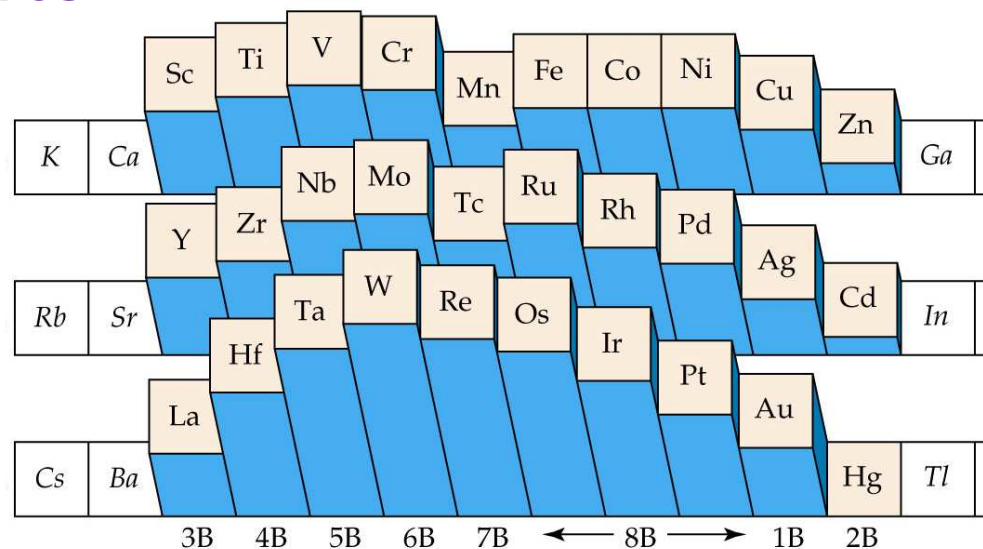
^dHardness values are on the Mohs scale (see Table 22.2).

^eElectrical conductivity compared with an arbitrarily assigned value of 100 for silver.

Los metales de transición tienen como característica propia las subcapas d incompletas

Propiedades físicas generales

- La mayoría de los metales de transición tienen una estructura compacta.
- Puntos de ebullición y de fusión altos

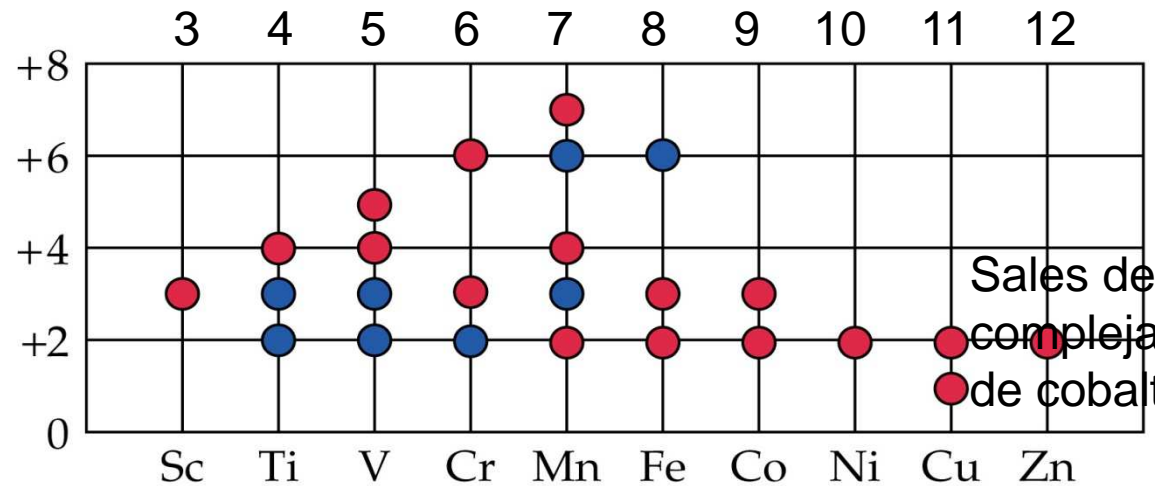


Configuraciones electrónicas

- Desde el escandio hasta el cobre se agregan electrones a los orbitales 3d. Así, la configuración electrónica externa del escandio es $4s^23d^1$, la del titanio es $4s^23d^2$ y así sucesivamente.
- Las dos excepciones son el cromo y el cobre, cuyas configuraciones electrónicas externas son $4s^13d^5$ y $4s^13d^{10}$.

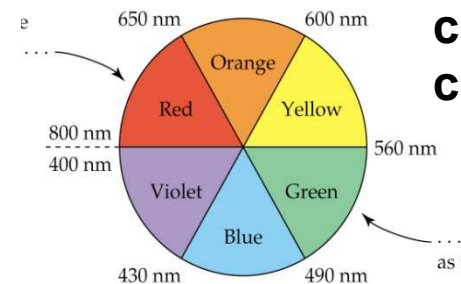
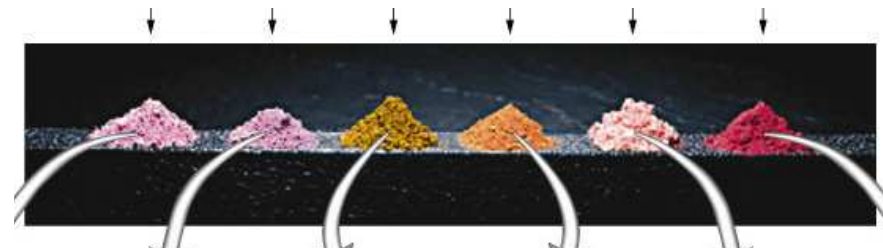
Estados de oxidación

Los metales de transición adquieren diversos estados de oxidación en sus compuestos mediante la pérdida de uno o más electrones.



Color

La mayoría de los iones de los metales de transición y iones complejos y aniones que contienen metales de transición son coloreados. El origen del color, se debe a las transiciones electrónicas que contienen electrones d.



Sales de complejos de cobalto

Magnetismo

La mayoría de los compuestos de los metales de transición son paramagnéticos. Recuérdese que el para magnetismo se asocia con uno o más electrones desapareados. El paramagnetismo de los compuestos de los metales de transición se debe a las subcapas d incompletas en los metales.

Formación de iones

Los iones de los metales de transición son ácidos de Lewis (pueden aceptar pares de electrones) y forman complejos como $[(\text{Cu}(\text{NH}_3)_5)]^{2+}$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ y $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$.

Propiedades catalíticas

- El hierro como catalizador en la síntesis de Haber del amoníaco
- El pentóxido de vanadio, V_2O_5 en la producción del ácido sulfúrico
- El platino como catalizador en las reacciones de hidrogenación.

Química de los metales de la primera serie de transición

Escandio

El escandio, un elemento raro (2.5×10^{-3} % de la corteza terrestre en masa), es difícil de obtener en su forma pura.

Se prepara por electrolisis del cloruro de escandio, ScCl_3



Escandio (Sc)



Titanio (Ti)



Vanadio (V)



Cromo (Cr)



Manganeso (Mn)



Hierro (Fe)



Titanio

El titanio es el más abundante de los metales de transición después del hierro (0.63% de la corteza terrestre en masa).

- Se presenta como rutilo, TiO_2 y como ilmenita, FeTiO_3 .

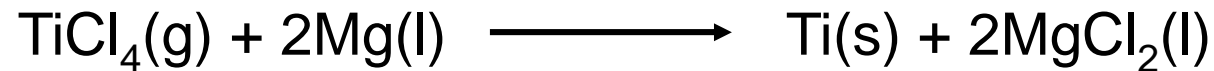


Titanio

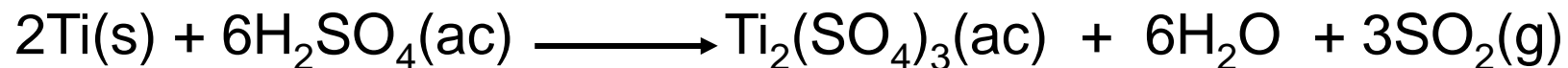
El metal se prepara por calentamiento de TiO_2 con coque (C) y cloro gaseoso a 900°C :



- La reducción del TiCl_4 , con magnesio entre 950 y 1150°C produce titanio metálico:

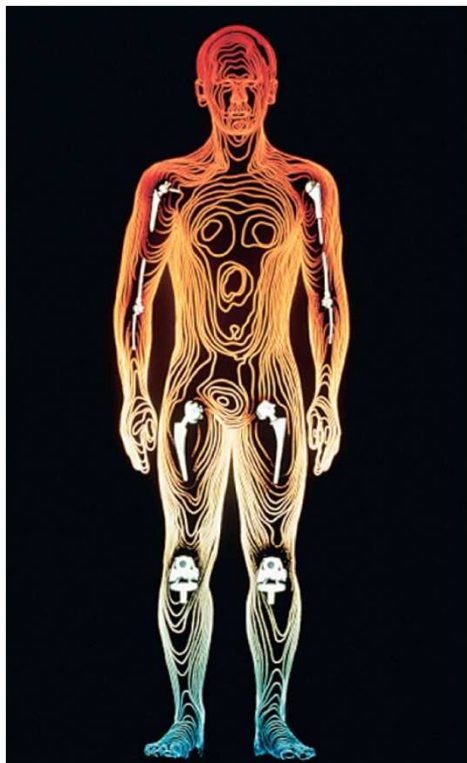


- El titanio se disuelve en ácido sulfúrico concentrado como sigue:



- Los estados de oxidación más importantes del titanio son +3 y +4.
- Los compuestos del Ti(IV) son incoloros y diamagnéticos.
- Los compuestos de Ti(III) son coloreados y paramagnéticos
- El óxido de titanio(IV), TiO_2 , es muy estable, inocuo, opaco y blanco brillante.

Titanium



- ▲ A computer-generated representation of titanium joint implants at the shoulder, elbows, hips, and knees

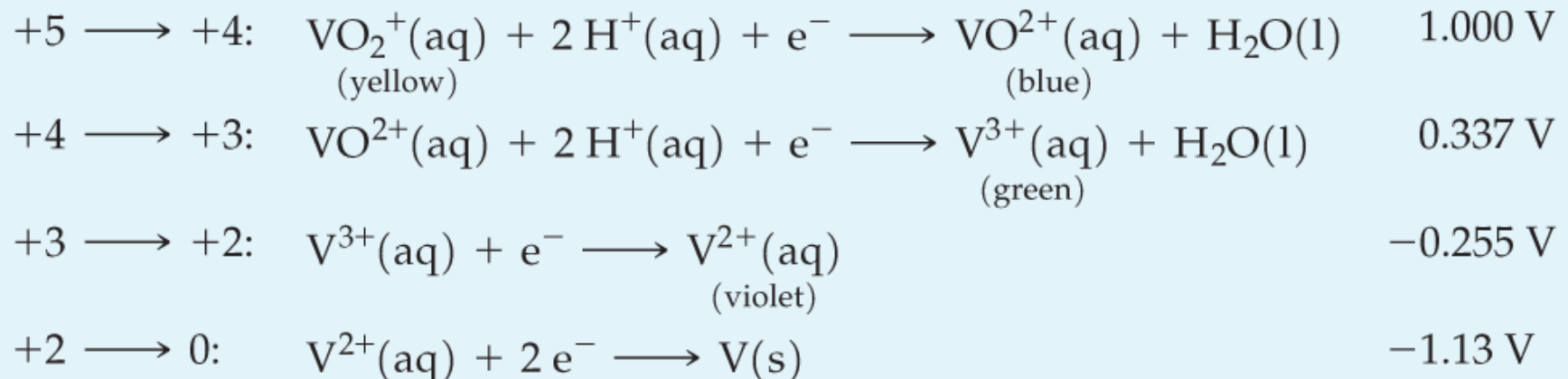


- ▲ White $\text{TiO}_2(\text{s})$, mixed with other components to produce the desired color, is the leading pigment used in paints

Vanadio

El vanadio constituye el 0.014% de la corteza terrestre en masa.

- Existe como vanadinita, $Pb_3(VO_4)_3PbCl_2$, y patronita, VS_4
 - Ferrovanadio 35-95% V en Fe..
 - Pentóxido de vanadio. Catalizador.
 - Pierde reversiblemente oxígeno 700-1000°C.
- El vanadio forma compuestos en estados de oxidación +2, +3, +4 y +5, de los cuales el +4 y +5 son los más importantes

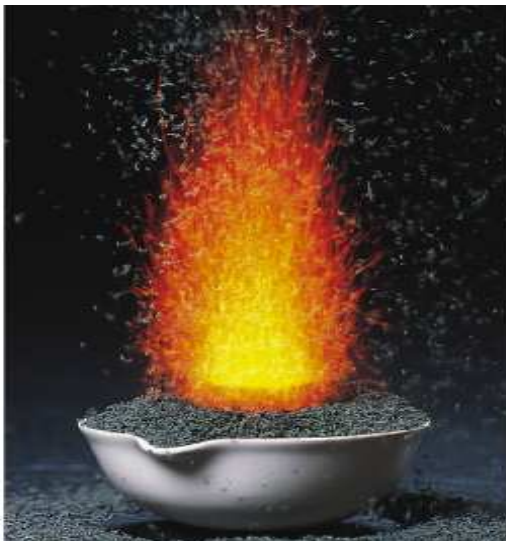


Cromo

- El cromo es relativamente raro (0.0122% de la corteza terrestre en masa).
- Su mena más importante es la crocoita, $\text{FeO Cr}_2\text{O}_3$
- El metal se extrae por reacción con aluminio a alta temperatura:



- Los estados de oxidación más comunes del cromo son +2, +3 y +6,
- El óxido de cromo(III), Cr_2O_3 , un polvo verde, se prepara por descomposición térmica del dicromato de amonio.



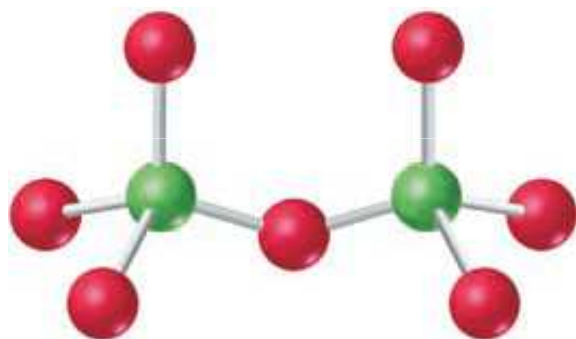
2+ $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$, azul

3+ (ácido) $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, azul

(basico) $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$, verde

6+ (ácido) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, naranja

(básico) CrO_4^{2-} , amarillo

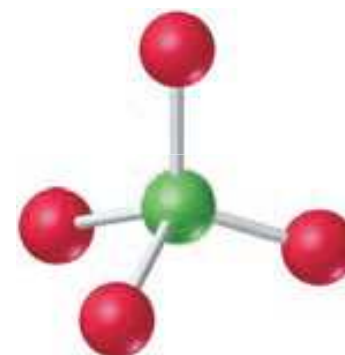


CrO

básico

Cr_2O_3

anfótero



CrO_3

ácido

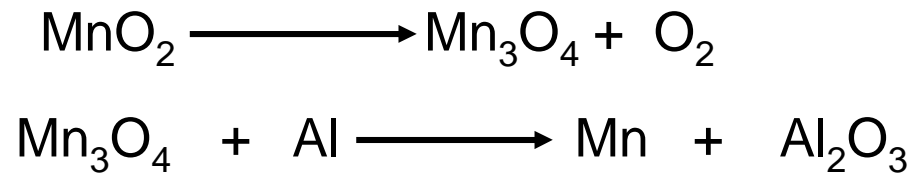
El óxido de cromo(III) tiene propiedades magnéticas que lo hacen útil en la elaboración de cintas magnéticas de grabación que funcionan mejor que las de los óxidos de hierro.

Manganeso

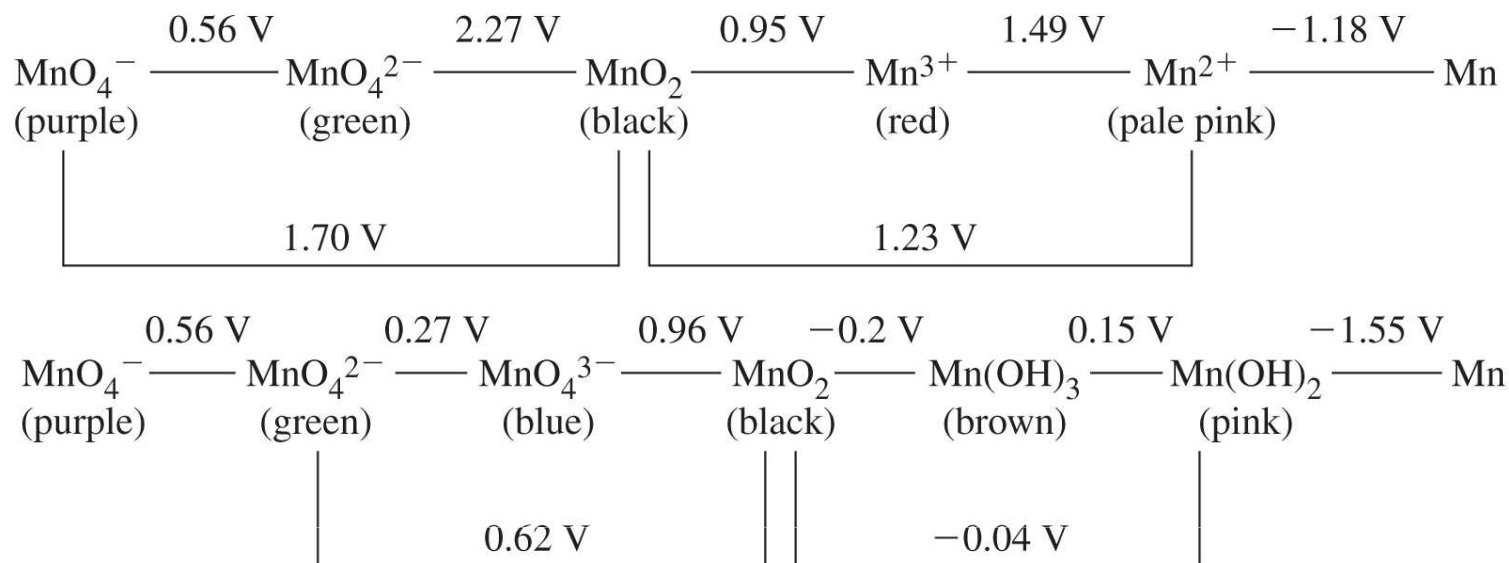
El manganeso es un elemento relativamente abundante (0.11% de la corteza terrestre en masa).

La fuente principal del manganeso es la pirolusita, MnO_2 , pero también se encuentra en nódulos de manganeso.

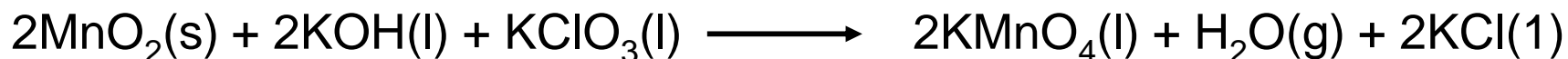
El metal se prepara por un proceso de aluminotermia.



- Los estados de oxidación conocidos del manganeso comprenden desde +2 hasta +7.



- El estado +2 particularmente estable (tiene una subcapa 3d llena a la mitad).
- El permanganato de potasio es un compuesto púrpura oscuro.

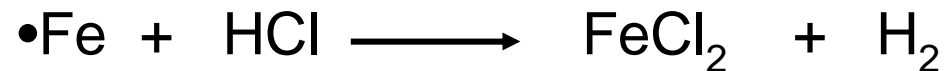


Hierro

- Después del aluminio, el hierro es el metal más abundante en la corteza terrestre (6.2% en masa).

- Menas importantes son: hematita, Fe_2O_3 ; siderita, FeCO_3 ; y magnetita, Fe_3O_4 .

- El hierro reacciona con el ácido clorhídrico para dar hidrógeno gaseoso:



- Los compuestos de hierro(II) incluyen FeO (polvo negro), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (verde), FeCl_2 (amarillo) y FeS (negro).

- En presencia de oxígeno, los iones Fe^{2+} en disolución se oxidan rápidamente a iones Fe^{3+} , especialmente en medio básico

Cobalto

El cobalto es un elemento raro (3×10^{-3} % de la corteza terrestre en masa).

- Se encuentra asociado con el hierro, el níquel y la plata. Sus principales menas son esmaltita, CoAs_2 , y cobaltita, CoAsS .
- El metal se prepara por tostación de CoAsS en aire y posterior reducción del óxido metálico con carbón.
- Los estados de oxidación del cobalto son +2 y +3; el +2 es el más estable de los dos.



Níquel

El níquel es un elemento raro (1.0×10^{-2} % de la corteza terrestre en masa).

- La mena millerita, NiS, se asocia con pirita, FeS₂, y calcopirita, CuFeS₂.
- El metal se obtiene por tostación de la mena en aire en primera instancia, y posterior reducción con hidrógeno gaseoso.
- El níquel se purifica por el proceso de Mond.



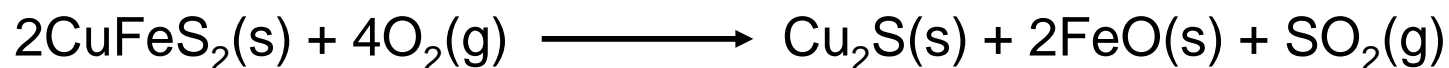
- Su estado de oxidación estable es +2. Los iones hidratados Ni²⁺ tienen un color verde esmeralda.
- Algunos compuestos importantes de níquel son NiO (verde) NiCl₂ (amarillo) y NiS (negro).

Cobre

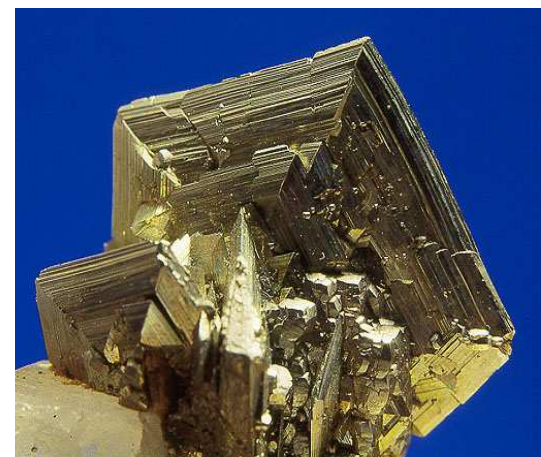
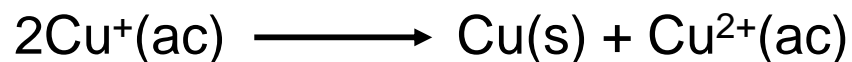
El cobre, un elemento raro (6.8×10^{-2} % de la corteza terrestre en masa),

Se encuentra formando menas como la calcopirita, CuFeS_2 .

El metal se obtiene por tostación de la mena para dar Cu_2S y después cobre metálico;



- El cobre sólo reacciona con el ácido sulfúrico concentrado caliente y con el ácido nítrico.
- Los estados de oxidación más importantes son +1 y +2.
- El estado +1 es menos estable y desproporciona en disolución:



- Los compuestos de Cu(I) son diamagnéticos e incoloros excepto Cu_2O , que es rojo.
- Los compuestos de Cu(II) son paramagnéticos y coloreados. El ion hidratado Cu^{+2} es azul.
- Algunos compuestos de Cu(II) son el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (azul) y el CuS (negro).



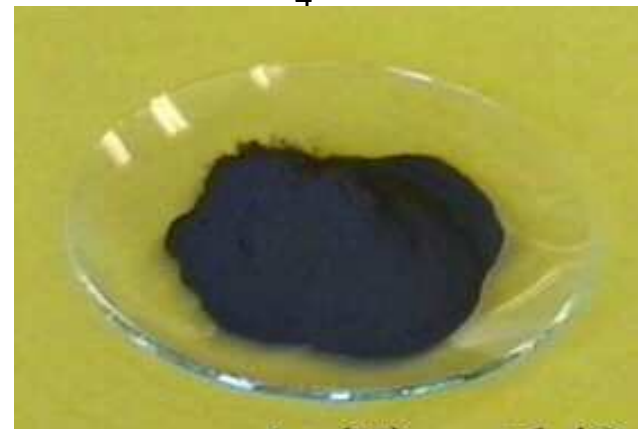
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



CuSO_4



Cu_2O , rojo



CuO (negro)

