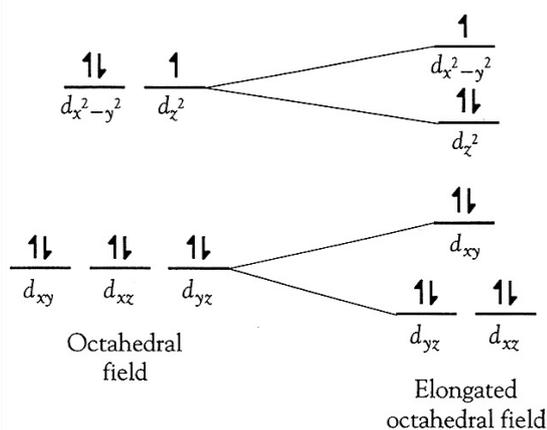




Facultat
de Química

Tema 11. Química del Cu, Ag y Au



(adaptada de: G. Rayner-Canham, *Descriptive Inorganic Chemistry*, 2nd ed, W.H.Freeman Co, 2000)

Prof. Responsable: José María Moratal Mascarell. Catedrático de Química Inorgánica (jose.m.moratal@uv.es)



Facultat
de Química

Tema 11. Cu, Ag y Au

Índice

- 1.- Características generales del grupo 11
- 2.- Química del Cobre
 - 1.- Estado natural y obtención del cobre
 - 2.- Estabilidad de los estados de oxidación
 - 3.- Reactividad del cobre
 - 4.- Compuestos de cobre(II)
 - 5.- Compuestos de cobre(I)
 - 6.- Aplicaciones del cobre y sus compuestos
 - 7.- Aspectos biológicos
- 3.- Química de la Plata
- 4.- Química del Oro

1. Metales de acuñación

1. Características del Grupo 11

- **Cu, Ag y Au** → los tres metales que primero conoció la Humanidad
 - a pesar de su escasez
- **se usan desde la antigüedad para fabricar monedas**
 - a) se obtienen fácilmente en estado metálico
 - b) maleables, blandos → fácil estampar un diseño en el metal
 - c) químicamente *poco reactivos* → *resistencia a la corrosión*
 - d) Ag y Au → poco abundantes
 - moneda tenía el valor intrínseco del propio metal
 - monedas actuales → valor simbólico (poco valor intrínseco)



Tetradracma del 261 aC:
lleva inscrito el nombre de
Alejandro el Grande

	posición	abundancia (pm)
Cu	25°	68
Ag	66°	0,08
Au	73°	0,004

3

1. Metales de acuñación

1. Características del Grupo 11

- **Cobre:**
 - nombre → *cuprium* → derivó en *Cuprum*
 - metal de Chipre (había minas explotadas por los romanos)
 - metal blando de color *amarillo*
 - *delgada capa de óxido, Cu₂O, hace que se vea rojizo*
 - se explota desde hace 7000 años → objetos datados desde 5000 aC
 - 1er metal que se obtuvo por métodos pirofóricos en 3000 aC
 - aleado con Sn forma el *bronce* → Edad del Bronce (3500aC-1000dC)
- **Plata:**
 - nombre deriva del griego → *argos*, brillante



- del latín → *Argentum*
- uso como moneda anterior al Au
 - probablemente debido a su mayor abundancia

Tetradracma del 261 aC: lleva inscrito
el nombre de *Alejandro el Grande*

4

1. Características del Grupo 11

1. Metales de acuñación

- **Oro:**
 - nombre → *Aurum*
 - objetos más antiguos se datan en Mesopotamia 6000 aC
 - imperios antiguos lo almacenaron en grandes cantidades
 - Egipto, Aztecas, Incas, ...
 - elemento asociado a *belleza y poder*
 - excelente resistencia a la corrosión atmosférica
 - permanece brillante y lustroso indefinidamente

Máscara funeraria de Tutankamon (1336-1327 aC)



Tesoro de los Quimbayas.
[Cultura Quimbaya, Colombia,
500-1500 dC]
Características: Oro
Museo de América, Madrid

5

2. Estado natural

- 1.- ¿Cómo se encuentra el Cu en la Naturaleza?
 - *Cu nativo*: bloque más grande encontrado 500 T
 - 1857, Minesota Mine, Michigan, USA
 - *Cu combinado*:
 - principalmente en forma de sulfuros
 - » también óxidos o carbonatos
 - minas más ricas en Cu → Chile
 - muchas menas contienen cobre
 - mena más común → CuFeS_2
 - *calcopirita* o *pirita de cobre*
 - » aspecto metálico

turquesa



1. Características del Grupo 11



calcopirita: $\text{Cu}^{\text{I}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{S}_2$

- menos comunes:
 - la gema azul (*turquesa*)
 - » $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ → ¿E.O. Cu?
- Cu_2S (*calcocita*), Cu_2O (*cuprita*) → Cu(I)
- $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ [*malaquita*, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]

6

2. Estado natural

1. Características del Grupo 11

- 2.- ¿Cómo se encuentra la Plata en la Naturaleza?
 - en estado nativo y en menas sulfuradas
 - la mena más importante → Ag_2S (argentita)
 - » estas menas contienen un 5% de Ag
 - se obtienen grandes cantidades de Ag como subproducto
 - » metalurgia del Cu, Pb y Zn
- 3.- ¿Cómo se encuentra el Oro en la Naturaleza?
 - frecuentemente en estado nativo
 - también asociado al cuarzo o pirita
 - pepita de Au más importante encontrada
 - la denominada *Welcome Stranger* (Australia, 1858)
 - » desafortunadamente fue fundida
 - pesó 71,3 kg ; tamaño: 53x26x18 cm
 - pureza del 99%



la mano de Dios (27 kg)

7

3. Propiedades

1. Características del Grupo 11

TABLE 24.7 Some Properties of Copper, Silver, and Gold

Table 24.7	Cu	Ag	Au
Electron configuration	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$	$[\text{Kr}]4d^{10}5s^1$	$[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$
Metallic radius, pm	128	144	144
First ioniz energy, kJ/mol	745	731	890
Electrode potential, V			
$\text{M}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{M}(\text{s})$	+0.520	+0.800	+1.83
$\text{M}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{M}(\text{s})$	+0.340	+1.39	—
$\text{M}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \longrightarrow \text{M}(\text{s})$	—	—	+1.52
Oxidation states ^a	+1, +2	+1, +2	+1, +3

^aThe most common oxidation states are shown in red.

(adaptada de: R.H.Petrucci, W.S. Harwood, G.E. Herring, *General Chemistry*, 8th ed, Prentice-Hall, 2002)

	densidad de carga ($\text{C}\cdot\text{mm}^{-3}$)	χ
Cu^{2+}	116	1,75
Cu^+	51	1,75
Ag^+	15	1,42
Au^+	11	1,42

- ¿cómo varían el radio metálico y la EI_1 al descender en el grupo? ¿por qué?
- ¿EO's más comunes?

8

3. Propiedades

• 1.- Propiedades físicas

- blandos, muy dúctiles y maleables
- Au es el metal más dúctil y maleable conocido
 - 1 g de Au puede ser extendido en una superficie de 1m^2
 - » con un espesor del orden de 300 átomos
 - 1 g de Au puede procesarse en forma de un hilo de 165 m de largo
 - » con un diámetro de $30\ \mu\text{m}$
- conductividad térmica y eléctrica excepcionalmente elevada
 - Ag es el metal con mayor conductividad eléctrica
 - Cu (2º mejor conductor), Au (3º)

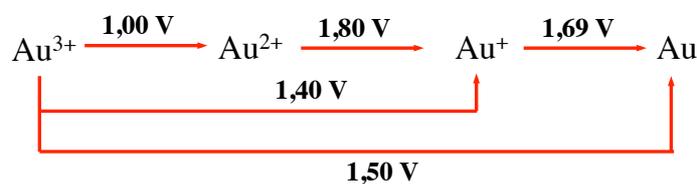
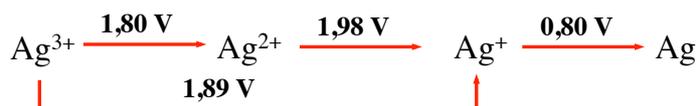
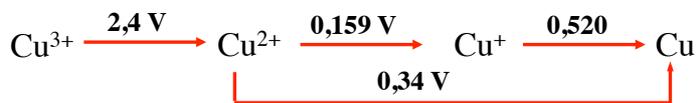
3. Propiedades

• 2.- Estados de oxidación y Reactividad

- ¿E.O. más estable?

$$E^\circ(\text{NO}_3^-/\text{NO}) = 0,95\ \text{V}$$

pH = 0



- ¿dismutaciones?
- ¿atacan al disolvente?
- ¿los atacan los ácidos minerales?
- ¿y los ácidos oxidantes como HNO_3 ?
- ¿carácter noble/reactividad?

– reactividad: $\text{Cu} > \text{Ag} > \text{Au}$

¿cómo se estabiliza el Au^{III} en medio acuoso?

$$E^\circ(\text{AuCl}_4^-/\text{Au}) = 1,0\ \text{V}$$

3. Propiedades

1. Características del Grupo 11

• 2.- Estados de oxidación y Reactividad

▪ Reactividad

- carácter noble aumenta al descender en el grupo
- reactividad: $\text{Cu} > \text{Ag} > \text{Au}$
 - » Au poco reactivo *se parece* a los metales del grupo del Pt
- los tres metales Cu, Ag, Au → estables en aire puro y seco
 - » pero Cu calentado al rojo → CuO (color negro)
- alquimistas denominaron a Ag y Au → *metales nobles*
 - » por su resistencia al ataque por aire incluso en caliente
- agentes complejantes facilitan las reacciones de los metales
 - » en presencia de O_2 se disuelven en disoluciones acuosas de cianuro

11

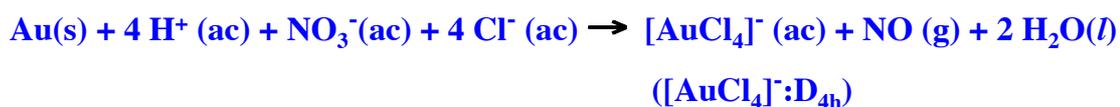
3. Propiedades

1. Características del Grupo 11

• 2.- Estados de oxidación y Reactividad

▪ Reactividad

- a) ¿los ácidos oxidantes atacan a los metales?
 - » atacan a Cu y Ag
 - » H_2SO_4 (conc) y caliente, o con HNO_3 (ac. o conc.)
- ¿y al Au, *el rey de los metales*? → lo ataca/disuelve el *agua regia*
 - » HCl (conc) + HNO_3 (conc) = 3:1
 - » formación de clorocomplejo



- b) los tres metales reaccionan con los halógenos → formando haluros diversos
- c) sólo Cu y Ag reaccionan con S (*)
 - » el Au es el único metal que no reacciona directamente S

par redox	E° (V)
$(\text{Au}^{3+}/\text{Au})$	1,50
$[\text{AuCl}_4]^- / \text{Au}$	1,00
$(\text{NO}_3^-/\text{NO})$	0,95

(*) en ausencia de oxígeno: $2 \text{Cu} + \text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu}_2\text{S}$

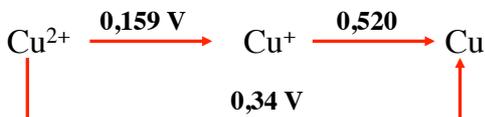
(S en presencia de $\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$)

12

VER Tema 1B

2. Estados de oxidación del cobre

pH = 0



pH = 14



▪ ¿efecto de los ligandos sobre la estabilidad relativa Cu^{II}/Cu^I?

▪ sistema Cu-NH₃

– Cu^{II} ligeramente menos oxidante

– Cu^I menos oxidante

▪ sistema Cu-CN⁻

– Cu^I muy estabilizado respecto Cu^{II}

– (en presencia CN⁻) Cu^{II} oxidante

– Cu(0) reductor

▪ ¿Cu es atacado por los álcalis?

▪ ¿especie estable en presencia de O₂?

(*) medio básico: E^o(H₂O/H₂) = - 0,82V; E^o(O₂/H₂O) = + 0,4 V

13

3. Reactividad del Cobre

• el metal menos reactivo de la 1ª serie de transición

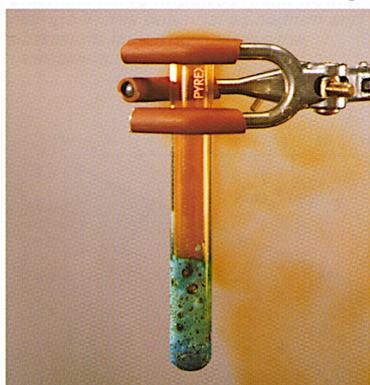
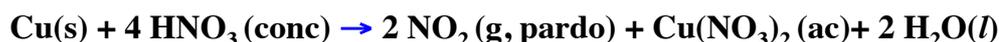
• 1.- Reacciones con los ácidos

▪ no debería ser atacado por ácidos minerales como HCl

– ¡¡ atacado por HCl a ebullición !! [ver Cu(I)]

▪ atacado por los ácidos oxidantes

– reacciona con el HNO₃ (diluido o conc)



– reacciona con H₂SO₄ (conc) y caliente



Copper metal reacts with concentrated nitric acid to give brown fumes of nitrogen dioxide.

14

2. Química del Cobre



The outside of the Statue of Liberty is made from thin sheets of copper. Oxygen has oxidized the surface to copper(II) oxide. Further reaction with water and carbon dioxide has formed a blue-green coating of basic copper(II) carbonate of approximate formula $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$.

3. Reactividad del Cobre

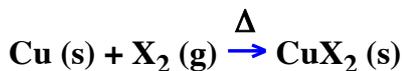
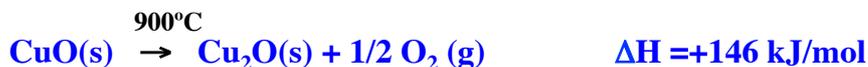
- 2.- agentes atmosféricos
 - a t^a ambiente → estable en aire puro y seco
 - expuesto a aire *húmedo* con alto contenido en *contaminantes*
 - CO_2 (ciudades), SO_2 (zonas industriales) o NaCl (zonas costeras)
 - Cu se recubre gradualmente de una *pátina* de sales básicas de color verde-azulado
 - » $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ (malaquita), $\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu(OH)}_2$, $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$
 - esta *pátina* protege al metal de reacciones posteriores
 - *esculturas o techos de edificios a la intemperie*

15

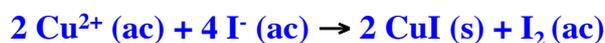
3. Reactividad del Cobre

2. Química del Cobre

- 2.- agentes atmosféricos
 - Cu(s) calentado al rojo reacciona con el O_2 → CuO negro
 - a 900°C el CuO se descompone → Cu_2O (color rojo)
- 3.- Halógenos
 - Cu(s) en caliente reacciona con X_2 → dihaluros CuX_2 (excepto X=I)



- ¿qué ocurre en medio acuoso? → CuI ¿por qué?



– *desplazamiento del equilibrio por formación compuesto insoluble*

par redox	E° (V)
Cu^+/Cu	0,52
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$	0,159
I_2/I^-	0,54

16

4. Compuestos de Cu(II) (ión d⁹)

• E. O. +2 → domina la química acuosa del cobre

• 1.- Cu²⁺(ac) {pK_{a1}([Cu(H₂O)₆]²⁺) = 8,0}

▪ a) sales de Cu(II)

– Cu(II) forma sales simples con muchos aniones habituales

– muchas sales hidratadas contienen el ión *octaédrico* [Cu(H₂O)₆]²⁺

» Cu(ClO₄)₂·6H₂O, (NH₄)₂Cu(SO₄)₂·6H₂O (sal de Tutton)

– disoluciones acuosas de las sales → color azul

» debido a la presencia del ión complejo [Cu(H₂O)₆]²⁺

– *excepción*: disolución concentrada de CuCl₂ → verde

» formación complejo [CuCl₄]²⁻ (casi plano)

» si se diluye (desplazamiento de ligando) → color azul



(*) fórmula general sales de Tutton: M^I₂M^{II}(SO₄)₂·6H₂O

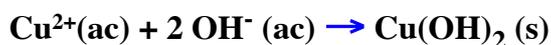
17

4. Compuestos de Cu(II)

• 1.- Cu²⁺(ac)

▪ b) adición de OH⁻ a [Cu(H₂O)₆]²⁺ (ac),

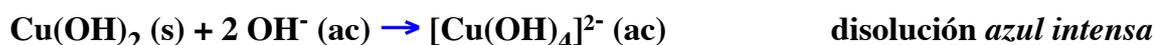
– ↓↓ Cu(OH)₂ gelatinoso, verde



– si se calienta la suspensión de Cu(OH)₂ se descompone → CuO(s), negro

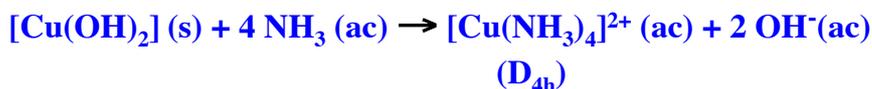


▪ c) Cu(OH)₂ es anfótero → se redisuelve en medio fuertemente básico



[Cu(OH)₄]²⁻ : anión tetrahidroxocuprato(II)

▪ d) adición de NH₃(ac) a Cu(OH)₂ → también disolución azul intensa, pero....



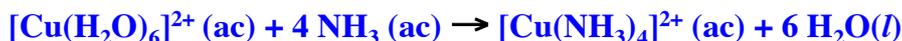
18

4. Compuestos de Cu(II)

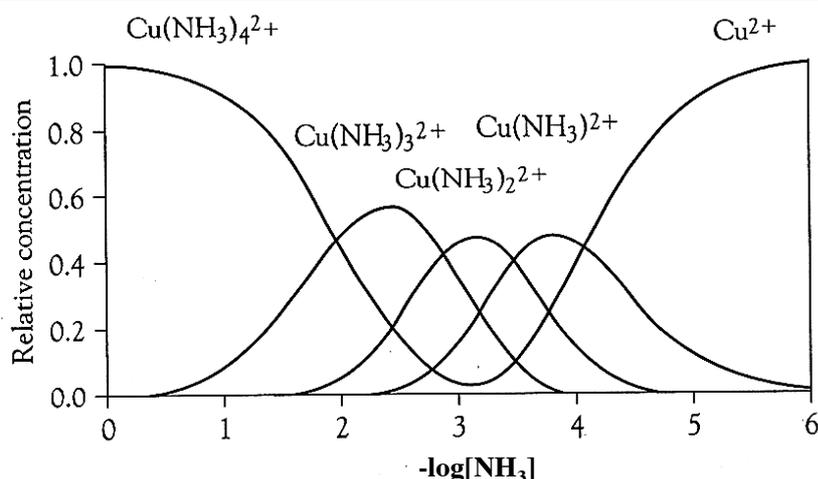
2. Química del Cobre

• 1.- Cu²⁺(ac)

- e) adición de NH₃(ac) a [Cu(H₂O)₆]²⁺ (ac) → color azul intenso



- desplazamiento gradual de moléculas de agua
- ¿por qué en medio acuoso no se forman [Cu(NH₃)₅]²⁺, [Cu(NH₃)₆]²⁺?



- se pueden preparar sales de [Cu(NH₃)₆]²⁺ en NH₃(l)

▪ NOTA:

- además de que las constantes sucesivas K_n disminuyen gradualmente al aumentar n, la baja afinidad del Cu²⁺ por la 5^a y 6^a moléculas de NH₃ se debe al efecto Jahn-Teller

Diagrama de distribución del sistema Cu(II)-NH₃(ac): por simplicidad no se indican las moléculas de OH₂ coordinadas. (adaptada de: G. Rayner-Canham, *Descriptive Inorganic Chemistry*, 2nd ed, W.H. Freeman Co, 2000)

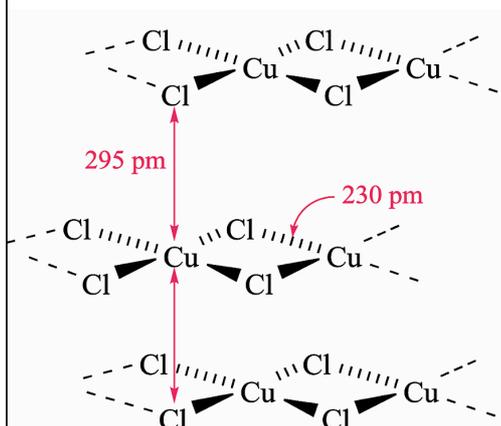
19

4. Compuestos de Cu(II)

2. Química del Cobre

• 2.- Complejos de Cu²⁺

- coordinación más frecuente → octaédrica distorsionada (4+2)
 - pero también son comunes coordinación 4 y 5
- ligandos más comunes → dadores-N,O
- 1) complejos octaédricos → suelen presentar grandes distorsiones
 - generalmente → octaedro elongado (efecto Jahn-Teller)
 - » 2 ligandos axiales más alejados que los 4 ecuatoriales



– [Cu(bipy)₃]²⁺

- » 4 distancias Cu-N(ecuatorial): 2,03 Å
- » 2 distancias Cu-N(axial): 2,23 y 2,45 Å

– estructura de CuCl₂(s) (cadenas, enlace intermedio)

- » hay 4 Cl a 2,30 Å, 2 Cl a 2,95 Å

En el sólido CuCl₂, las cadenas se empaquetan para situar cada cobre en un entorno octaédrico distorsionado.

(adaptada de: C. E. Housecroft, A. G. Sharpe, *Inorganic Chemistry*, 4th ed, Pearson, 2012)

20

■ 1) complejos octaédricos → distorsionados

– estructura de sales $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $(\text{NH}_4)_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

» octaedro $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ distorsionado

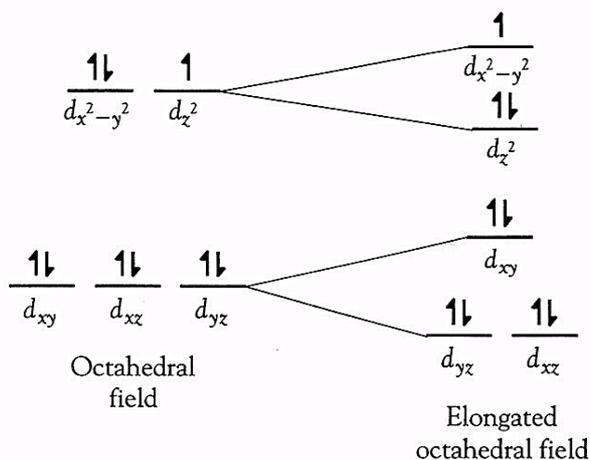
» hay 3 pares de distancias Cu-O

» 2 a 2,09Å, 2 a 2,16Å, 2 a 2,28Å [en la sal $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]

– configuración d^9

» octaedro distorsionado → más estable que uno regular (mayor EECC)

» particularmente con ligandos de campo fuerte



distorsión axial energéticamente preferida

- $2e^-$ ocupan orbital d_{z^2} de menor energía
- sólo $1e^-$ ocupa $d_{x^2-y^2}$ de mayor energía

• la energía del sistema disminuye

- mientras que $2e^-$ se estabilizan
- sólo $1e^-$ se inestabiliza

(adaptada de: G. Rayner-Canham, *Descriptive Inorganic Chemistry*, 2nd ed, W.H. Freeman Co, 2000)

21

5. Compuestos de Cu(I)

• compuestos de Cu(I) → blancos o incoloros

■ ión d^{10} → ¿transiciones d-d? ¿magnetismo?

• 1.- Disolución acuosa (pH=0)



■ $\text{Cu}^+ \rightarrow$ ¿dismuta?



$$\Delta E^\circ = 0,52 - 0,159 = 0,361 \text{ V}; \Delta G^\circ < 0$$

• 2.- ¿Cómo se puede estabilizar el Cu(I)?

■ formación de compuestos insolubles

■ formación de complejos

■ a) formación de compuestos insolubles

$$E^\circ(\text{C}_2\text{N}_2/\text{HCN}) = 0,373 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) = 0,159 \text{ V}$$

– Cu(I) → estabilizado en fase sólida por aniones con baja carga

– se pueden sintetizar → el cloruro, bromuro, yoduro y cianuro de Cu(I)



» CuCN(s) soluble en exceso de $\text{CN}^- \rightarrow [\text{Cu}(\text{CN})_2]^- (\text{ac})$, ...y mayor estequiometría

(*) desplazamiento del equilibrio por formación compuesto insoluble

22

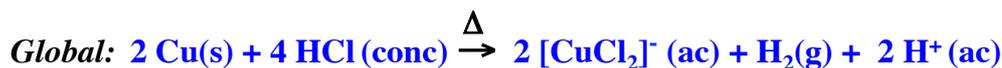
5. Compuestos de Cu(I)

• 2.- ¿Cómo se puede estabilizar el Cu(I)?

▪ b) formación de complejos

– ¡¡ Cu(s) es atacado por HCl(conc) a ebullición !!

» disolución incolora y $\uparrow\uparrow\text{H}_2$ ¿atacado por un ácido *no oxidante*? $E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) = 0,52 \text{ V}$



» $[\text{CuCl}_2]^-$: *anión diclorocuprato(I)*

– el ión Cu^+ formado en (1) \rightarrow rápidamente complejoado por el cloruro (2)

– formación del complejo \rightarrow desplaza el equilibrio (1) a la derecha

– *obtención de CuCl(s)*:

» diluir $[\text{CuCl}_2]^- (\text{ac})$ en ausencia de aire \rightarrow pp blanco CuCl(s)



» lavar, secar y sellar en ausencia de aire \rightarrow (aire y humedad lo oxidan a Cu^{II})

23

6. Aplicaciones del cobre

• 1.- de todos los metales \rightarrow el de mayor conductividad térmica

- utensilios de cocina de *alto standing* \rightarrow calor se distribuye uniformemente
- intercambiadores de calor

• 2.- el 2º mejor conductor eléctrico \rightarrow sólo superado por la plata

- cableado eléctrico

• 3.- relativamente blando y fácil de soldar

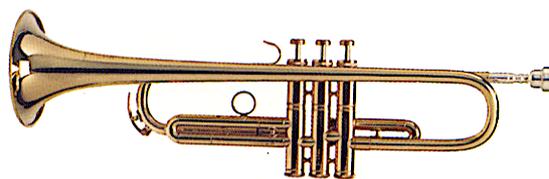
- adecuado para tubería

• 4.- resistente a los agentes atmosféricos

- techos de edificios nobles y esculturas

• 5.- Aleaciones

- latón (*brass*) \rightarrow aleación de Cu+Zn, muy versátil y muy utilizada
 - más dura que el cobre pero fácil de trabajar
 - muchos instrumentos musicales son de latón



▲ Brass is commonly used for musical instruments because it is relatively light, easy to shape, strong even when thin, and has an attractive colour.

24

6. Aplicaciones del cobre

2. Química del Cobre

• 5.- Aleaciones

- **bronce** → aleación de Cu+Sn, más duro que el latón
 - gran dureza pero con el tiempo se vuelve frágil
 - fabricación de campanas
- **CuNiAl** → color parecido al oro
 - más dura pero funde mejor que el cobre
 - por su tenacidad y elasticidad se usa en fabricación hélice de barco

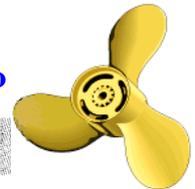
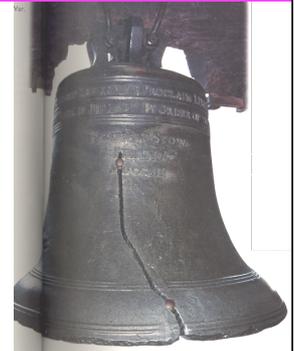


TABLE 20.5 Important alloys of copper

Alloy	Approximate composition	Properties
Brass	77% Cu, 23% Zn	Harder than copper
Bronze	80% Cu, 10% Sn, 10% Zn	Harder than brass
Nickel coins	75% Ni, 25% Cu	Corrosion resistant
Sterling silver	92.5% Ag, 7.5% Cu	More durable than pure silver

(adaptada de: G. Rayner-Canham, *Descriptive Inorganic Chemistry*, 2nd ed, W.H. Freeman Co, 2000)

25

7. Bioquímica del cobre

2. Química del Cobre

- **Oligoelemento esencial para el organismo**
 - **componente fundamental del centro catalítico de diversos enzimas redox**
 - citocromo-oxidasa (cadena respiratoria)
 - Cu,Zn-SOD (antioxidante)
 - **adulto: el cuerpo contiene 0,15 g de Cu**
 - **se encuentra:**
 - huesos y músculos (65%)
 - hígado (10%)
 - cerebro, corazón, riñones, pelo
 -

26

- **esencial para el normal funcionamiento de diversas funciones fisiológicas**
 - **metabolismo celular, síntesis ATP, producción de energía**
 - **defensa frente a la toxicidad de los radicales libres (cofactor de la SOD)**
 - **relacionados con procesos de envejecimiento y muerte celular**
 - **síntesis del pigmento melanina**
 - **biosíntesis del tejido conjuntivo**
 - **enzima lisil oxidasa**
 - **formación de glóbulos rojos**
 - **metabolismo del hierro**
 - **enzimas de cobre favorecen la utilización del hierro**
 - **regulación de la expresión genética**

- **adulto: 1,5-3 mg/día**
- **la dieta equilibrada cubre estas necesidades**

¿Qué alimentos nos proporcionan Cu?

- **se encuentra en:**
 - **hígado de ternera, carnes y mariscos**
 - **cereales enteros**
 - **nueces, semillas de girasol, avellanas y otros frutos secos**
 - **legumbres**
 - **chocolate**
 - **cacao en polvo**
 - **frutas**
 - **verduras de hoja oscura**



Contenido en Cobre*(mg de Cu en 100 g de alimento)*

<u>Alimento</u>	<u>mg/100 g</u>
Hígado de ternera	9
Hígado de cerdo	5
Cacao en polvo	2-4
Carne de cordero	1,5-3
Frutos secos (<i>avellanas, nueces, almendras</i>)	2-3 (CDR)
Chocolate negro	2
Marisco	1-2
Semillas de girasol	1,2
Carne vacuna	1,1
Arroz	0,3-0,4
Huevos	0,15
Frutas y verduras	0,05-0,1
Leche	0,05

Absorción del Cobre

- la absorción se produce en el estómago y en el intestino delgado (sector proximal, duodeno)
- se elimina por vía biliar y es excretado en las heces.
- se absorbe un 30-60% del cobre ingerido
 - está regulada (como en Fe y Zn)
 - es competitiva con la de hierro y cinc
 - dieta rica en Zn disminuye la absorción de Cu
 - absorción más eficiente cuando la ingesta es baja
 - ingesta elevada de vitamina C interfiere la absorción de Cu
 - los fitatos pueden reducir la absorción

- **es rara en individuos sanos**
- **Síntomas:**
 - **Anemia**
 - **baja actividad de la ceruloplasmina (ferrooxidasa de cobre)**
 - » **se reduce la movilización del Fe**
 - **fragilidad capilar**
 - **hemorragias**
 - **despigmentación de la piel**
 - **deficiencia en tirosinasa**
 - » **participa en la síntesis de la melanina**
 - **hipercolesteremia**
 - **anormalidades en los huesos**
 - **si la deficiencia es grave: daños cerebrales**

- **Grupo de riesgo:**
 - **recién nacidos**
 - **particularmente los nacidos con bajo peso**
 - » **menos reservas y mayor velocidad de crecimiento inicial**
- **Factores/causas:**
 - **rápido crecimiento consume sus reservas**
 - **alimentación basada en leche no materna (poco Cu)**
 - **mecanismos de transporte y almacenamiento de cobre no están maduros**
- **Tratamiento**
 - **dieta con la cantidad de cobre adecuada**

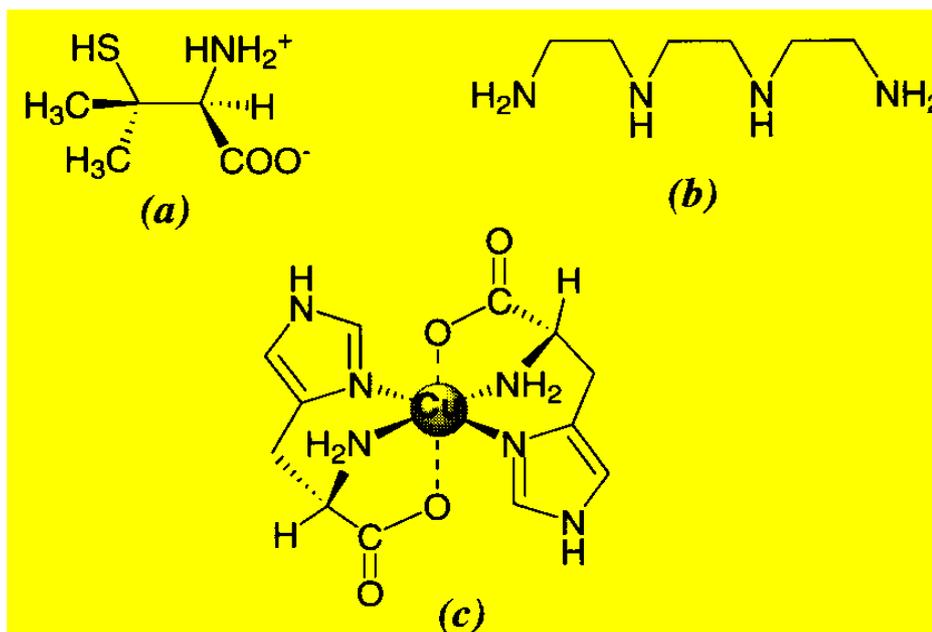
- **Síndrome de Menkes (hereditaria):**
 - incidencia: 1 de cada (50-100)x10³ nacidos vivos
 - origen: genético → mala absorción y transporte defectuoso de cobre
- **Síntomas**
 - cabello frágil y ensortijado
 - defecto en la pigmentación y queratinización del cabello
 - retraso mental agudo, anormalidades en el esqueleto
 - degeneración neurológica
 - muerte prematura (antes de los 5 años)
- **Tratamiento:**
 - histidinato de cobre (II)
 - resultados: muy importante el diagnóstico y tratamiento precoz
 - parece prolongar la vida del lactante afectado
 - eficiencia baja/nula si se han producido daños irreversibles

- **poco frecuente en los adultos**
 - se requieren ingestiones muy elevadas de cobre
 - eficiente funcionamiento de los mecanismos de control homeostático
- **cierta incidencia en niños**
 - inmadurez de los mecanismos de excreción biliar del cobre
- **ingestión excesiva de cobre**
 - uso de recipientes de cobre o latón para hervir la leche o cocinar
 - ingesta excesiva intencionada o accidental de cobre
- **Síntomas**
 - náuseas, vómitos, diarrea
 - cirrosis hepática
- **Tratamiento:**
 - La D-penicilamina (quelante del cobre) es muy eficaz

- **Síndrome de Wilson:**
 - **origen genético (gen autosómico recesivo)**
 - **incidencia → 1 de cada 30.000 nacidos**
 - más común en Europa Oriental, Sicilia y sur de Italia
 - **si ambos padres son portadores pero no la sufren:**
 - probabilidad del niño 25% (1 de cada 4 hijos)
 - **disfunción hereditaria del metabolismo del cobre**
 - disminución marcada de la excreción biliar
 - deficiencia en la unión del cobre a la ceruloplasmina
 - **consecuencias de la disfunción:**
 - acumulación excesiva de cobre en hígado y cerebro
 - secundariamente en la córnea del ojo
 - **¿cuándo aparecen los síntomas?**
 - no aparecen antes de los 5 años edad
 - pueden aparecer en la adolescencia o en adultos jóvenes

- **Síndrome de Wilson:**

- **Síntomas:**
 - formación de anillos marrones o verdes en la córnea
 - destrucción progresiva del hígado → hepatitis, cirrosis hepática
 - daños en el SNC (sistema nervioso central)
 - » pérdida de coordinación, de memoria y de control muscular; temblores, confusión o delirio, demencia, fobias, deterioro del lenguaje, pérdida de las funciones cognitivas e intelectuales,
- **tratamiento → durante toda la vida**
 - si no se trata a tiempo es mortal (muerte antes de los 30-40 años)
 - importante diagnóstico y tratamiento precoz
 - uso de complejantes del cobre: D-penicilamina o clorhidrato de trietilen-tetraamina
 - en caso de intolerancia se puede administrar dosis alta de cinc (40-50 mg/día) para reducir la absorción de cobre.



a) *D*-penicilamina, b) Trietilentetraamina, c) [Cu^{II}(Hys)₂]