

matéria
Química Inorgánica

unidade didáctica 8

Química dos metais de transición e os seus compostos de coordinación

Rosa María Pedrido Castiñeiras

Área de Química Inorgánica
Departamento de Química Inorgánica
Facultade de Ciencias



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA



unidade didáctica 8

Química dos metais de transición e os seus compostos de coordinación

Rosa María Pedrido Castiñeiras
Área de Química Inorgánica
Departamento de Química Inorgánica
Facultade de Ciencias



© Universidade de Santiago de Compostela, 2013



Esta obra atópase baixo unha licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0.
Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-SA 3.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/legalcode.g>

Deseño
Unidixital
Servizo de Edición Dixital
da Universidade de Santiago de Compostela

Edita
Vicerreitoría de Estudantes,
Cultura e Formación Continua
da Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime
Unidixital
Dep. Legal: C 274-2013
ISBN 978-84-9887-988-9

MATERIA: Química Inorgánica

TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría de Procesos Químicos Industriais

Localización da presente unidade didáctica

Programa de Química Inorgánica

Unidade I. Introducción á Química Inorgánica

Concepto, metodoloxía e importancia da Química Inorgánica.

Bases para o estudo sistemático dos elementos e seus compostos

Unidade II. Hidróxeno

Hidróxeno

Obtención e aplicacións

Hidruros

Auga

Unidade III. Elementos do grupo 17: Os Halóxenos

Flúor, cloro, bromo e iodo

Obtención e aplicacións

Haluros

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Unidade IV. Elementos do grupo 16: Os Calcóxenos

Osíxeno e xofre

Obtención e aplicacións

Combinacións binarias

Oxoácidos

Oxosales máis importantes

Unidade V. Elementos do Grupo 15

Nitróxeno e fósforo

Obtención e aplicacións

Combinacións binarias

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Unidade VI. Elementos do Grupo 14

Carbono e silicio

Obtención e aplicacións

Combinacións binarias

Oxoácidos e oxosales máis importantes

Unidade VII. Química dos Metais dos Grupos Principais

Principais características dos metais e seus compostos

Alcalinos

Alcalinotérreos

Aluminio

Estaño e Chumbo

Obtención e aplicacións

Unidade VIII. Química dos metais de transición e os seus compostos de coordinación

Principais características dos metais titanio, vanadio, cromo, manganeso, ferro e corrosión do ferro, cobalto, níquel, cobre, cinc, cadmio e mercurio

Obtención e aplicacións

Propiedades e reactividade dos metais de transición e os seus compostos

Principais compostos de coordinación

ÍNDICE

Presentación	7
Os obxectivos	7
Os principios metodolóxicos	8
Os contidos básicos	19
1. Titanio.....	19
2. Vanadio	10
3. Cromo.....	10
4. Manganeso.....	10
5. Ferro.....	11
6. Cobalto.....	12
7. Níquel.....	12
8. Cobre.....	12
9. Elementos do grupo 12.....	13
Actividades propostas	14
1. Prácticas de laboratorio.....	14
1.1. Aluminotermia: obtención de ferro metal	14
1.2. Obtención de sulfato de tetramincobre(II).....	14
2. Queres saber máis?	14
Avaliación	17
Anexos	18
Anexo 1: Boletín de exercicios.....	18
Anexo 2: Prácticas de laboratorio.....	20
1. Aluminotermia: obtención de ferro metal	20
1.1. Obxectivo.....	20
1.2. Base teórica.....	20
1.3. Procedemento experimental	21
1.4. Material	22
1.5. Reactivos.....	22
1.6. Referencias específicas	22
1.7. Cuestións.....	22
2. Obtención de sulfato de tetramincobre(II).....	22
2.1. Obxectivos.....	22
2.2. Base teórica.....	23
2.3. Procedemento experimental	23
2.4. Material	23
2.5. Reactivos.....	23
2.6. Cuestións.....	23
Anexo 3: Test de autoavaliación.....	24
Bibliografía	26

PRESENTACIÓN

A presente unidade didáctica abarca o Bloque VIII da materia Química Inorgánica, centrado na Química dos metais de transición e os seus compostos de coordinación. Este tema abórdase ao final do programa da materia, despois de facer un percorrido por algúns conceptos xerais da Química Inorgánica, pola Química dos elementos non metálicos e dos metais dos grupos principais. Nesta unidade didáctica faise un estudo da Química dos metais de transición máis relevantes a nivel industrial e biolóxico, centrándose na súa obtención, na reactividade, nas súas principais aplicacións e na súa Química de coordinación. Esta unidade didáctica, no que se refire a tódalas actividades nela propostas, está deseñada para ser desenvolvida ao longo de 14 horas.

OS OBXECTIVOS

1. Xerais da materia

Preténdese que o alumnado, dado que a Titulación é o Grao en Enxeñaría de Procesos Químicos Industriais, adquira un coñecemento sistematizado por grupos dos elementos metálicos de transición e os seus compostos de coordinación máis importantes, mediante o exame dos seguintes aspectos: obtención, estrutura, propiedades físicas e químicas e reactividade. Tamén se pretende a adquisición de destreza para a aplicación práctica dos coñecementos acadados a casos reais, ademais de relacionar estes coñecementos directamente cos procesos industriais máis importantes.

2. Específicos da unidade didáctica

- Saber relacionar, diferenciar e recoñecer o comportamento dos elementos metálicos e os seus compostos así como predicir o seu tipo de enlace, estrutura, propiedades, síntese e reactividade en base á posición que ocupan na Táboa Periódica.
- Coñecer e distinguir as características e propiedades fundamentais dos compostos metálicos nos distintos estados de agregación da materia.
- Coñecer os principais tipos de reaccións químicas e identificalos nos procesos de obtención dos elementos metálicos e os seus compostos.
- Coñecer o tipo de enlace, estrutura, propiedades, obtención e reactividade dos elementos metálicos e os seus compostos.
- Saber relacionar as propiedades e a reactividade dos elementos metálicos coa forma na que se presentan na natureza.
- Coñecer as principais aplicacións tecnolóxicas e industriais dos elementos metálicos e os seus compostos.
- Recoñecer e valorar os procesos químicos nos que interveñen os metais de transición e os seus compostos na vida diaria.

- Saber relacionar os coñecementos teóricos adquiridos sobre os elementos metálicos de transición e os seus compostos de coordinación coas experiencias químicas realizadas no laboratorio.
- Comprender e saber empregar a información bibliográfica e técnica referida aos elementos metálicos de transición e aos seus compostos.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

A metodoloxía basearase fundamentalmente nas seguintes actividades:

— Clases expositivas (8 sesións de 50 minutos). Nas citadas clases, que poden ter formatos diferentes (exposición teórica, problemas e/ou exemplos xerais, directrices xerais da materia...) utilizaranse recursos como presentacións en diapositivas, utilización de recursos de Internet, ademais das presentacións orais utilizando o encerado. Nas citadas clases formularanse cuestións sobre os coñecementos previos do alumnado, mostraranse os principios básicos dos temas expostos (que serán resumidos en material que se subministrará xeito virtual), deixando unha parte do contido para traballo persoal do alumnado.

— Seminario (1 sesión de 50 minutos). O alumnado resolverá no encerado as cuestións propostas e recollidas no Anexo 1 desta unidade didáctica coa axuda do profesor. Neste seminario tamén se resolverán as cuestións e dúbidas presentadas polo alumnado.

— Prácticas de laboratorio (1 sesión de 4 horas). Realizaranse dúas prácticas curtas nunha mesma sesión, unha delas será o illamento dun elemento metálico mentres que na outra se levará a cabo a síntese dun composto de coordinación (ver Anexo 2). As prácticas teñen como obxectivo fundamental que se fixen os coñecementos teóricos, así como adquirir destreza no manexo do material e instrumental do laboratorio. Nestas prácticas intentarase que o alumnado relacione os procedementos experimentais realizados cos contidos expostos nas sesións expositivas.

— Exposición dun tema da sección “*Queres saber máis?*” (1 sesión de 50 minutos). Proporase a división do alumnado en grupos que deberán elixir un tópico de actualidade ou de interese relacionado coa Química dos metais de transición e os seus compostos de coordinación, para a realización posterior dun breve traballo de exposición (5-10 min) sobre o tema elixido.

OS CONTIDOS BÁSICOS

EPÍGRAFES

Estado natural, abundancia, obtención e usos dos metais de transición titanio, vanadio, cromo, manganeso, ferro, cobalto, níquel, cobre, cinc, cadmio e mercurio. Propiedades e reactividade. Principais compostos de coordinación. Corrosión do ferro.

A falla de tempo impide levar a cabo un estudo detallado de tódolos metais de transición. É por iso que esta unidade didáctica aborda só unha selección destes metais, que poidan ser representativos dos diferentes aspectos da Química de tódolos metais de transición e, á súa vez, que eles ou os seus compostos sexan relevantes a nivel industrial e tecnolóxico. Concretamente, elixíronse tódolos metais da primeira serie de transición, a excepción do escandio pola súa maior similitude cos lantánidos no seu estado de oxidación III, e os metais do grupo 12, cinc, cadmio e mercurio.

Para levar a cabo este estudo, tratarase de seguir un esquema xeral. Introdúciense as características xerais de cada metal, como consecuencia da configuración electrónica do grupo ao que pertence. Logo estudaranse os seus métodos de obtención a nivel industrial e os usos dos metais, para pasar a analizar as súas propiedades físicas e as posibilidades de combinación química. No apartado dedicado aos compostos, elixíranse só aqueles máis representativos, con algunhas referencias á Química de Coordinación e á Química Organometálica segundo o interese das mesmas.

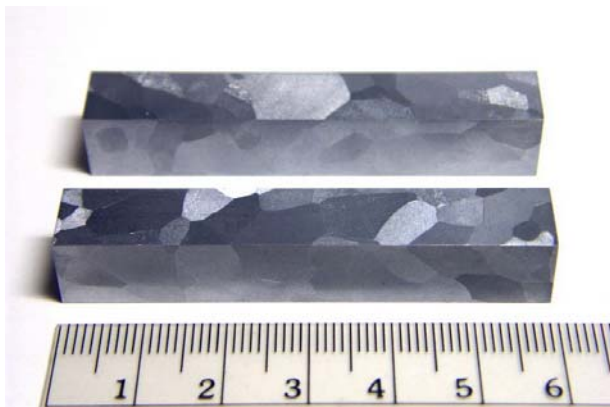
1. Titanio

O estudo dos compostos de titanio centrarase no estado de oxidación IV. Relacionarase co estaño, dado que os ións M^{4+} de ambos metais presentan un tamaño parecido e, en consecuencia, un comportamento químico semellante. Falaremos dos usos do titanio no sector tecnolóxico e da súa biocompatibilidade, o que o converte nun metal axeitado para diversas aplicacións biomédicas. Dentro dos seus compostos destacaremos polas súas aplicacións industriais o óxido TiO_2 , que tamén nos servirá como



exemplo e base para presentar os óxidos mixtos chamados titanatos. O tetracloruro de titanio merecerá especial mención pola súa participación na catálise de Ziegler-Natta para a obtención de polietilenos.

2. Vanadio



Aínda que se citarán os estados de oxidación IV, III e II coas súas diferentes cores, o estudo do vanadio centrarase no seu estado de oxidación V. Resaltarase o óxido V_2O_5 pola súa participación como catalizador na transformación de SO_2 en SO_3 no proceso de

preparación do ácido sulfúrico. Relacionarase o vanadio co fósforo, xa estudado anteriormente, dada a tendencia daquela a formar vanadatos, similares aos fosfatos. Respecto ás súas aplicacións destacaremos o seu uso na aliaxe ferrovanadio, cuxos usos directos máis importantes son a obtención de aceiros de alta velocidade e a fabricación de ferramentas de aceiro.

3. Cromo

Para o cromo porase de manifesto a distinta estabilidade dos diferentes estados de oxidación. Farase especial referencia ás combinacións osixenadas, discutindo o carácter oxidante dos compostos de Cr(VI) e a estabilidade dos de Cr(III), pondo para iso como exemplo o proceso que se



emprega nos alcoholímetros. Do mesmo xeito que nos casos anteriores analizaranse as analoxías deste metal cun non metal previamente estudado, o xofre, destacando as semellanzas entre os sulfatos e os cromatos.

4. Manganeso

Para o manganeso subliñarase que é o último elemento da primeira serie que pode pór en xogo, aínda, tódolos seus electróns de valencia, de aí a gran variedade de estados de oxidación que presenta. Dos óxidos, o MnO_2 será destacado polas súas numerosas aplicacións industriais. Entre os

oxosales, prestarase especial atención ao permanganato, como o oxidante habitual do laboratorio e da industria. A importancia biolóxica do manganeso e a súa participación no Fotosistema II conduciron a un gran desenvolvemento da Química de coordinación do manganeso, sendo este un campo actualmente en investigación. Debe destacarse tamén que os compostos de coordinación de manganeso en distintos estados de oxidación poden actuar como catalizadores en procesos de epoxidación de olefinas e mimetizar o comportamento dalgúns enzimas de tipo peroxidasa. Dentro das aplicacións deste metal abordárase o seu uso industrial na aliaxe ferromanganeso para endurecer o ferro metal.



5. Ferro



Este metal ten gran importancia tanto a nivel industrial como biolóxico. É o responsable do campo magnético terrestre e dá nome a unha época da nosa historia, a "Idade do Ferro". Resulta de gran interese a súa produción nos altos fornos. Dentro das súas combinacións, destacan os óxidos mixtos Fe^{II}/Fe^{III} , como a magnetita, coas súas interesantes propiedades magnéticas, que permiten abordar e racionalizar as estruturas de espinela e espinela inversa. Comentarase as similitudes entre o $Fe(III)$ e o $Al(III)$. Farase unha especial referencia ao proceso de corrosión do ferro, destacando a súa importancia económica, e que constitúe un bo exemplo da necesidade simultánea de osíxeno e auga para oxidar algúns metais. Comentarase a rica Química de coordinación deste

metal, que enlazará coa súa importancia biolóxica en enzimas como a hemoglobina e a mioglobina.

6. Cobalto

Do cobalto destacarase a súa dificultade para formar compostos en estados de oxidación elevados. Comentarase a estabilidade relativa de Co(III) e Co(II) , facendo fincapé na súa Química de coordinación, xa que foron os compostos de coordinación de cobalto (II) e (III) os primeiros estudados por Alfred Werner, que é considerado o pai da Química de Coordinación. Destacaremos o uso de compostos de cobalto como pigmentos en pinturas e presentaremos as cobaloximas. A súa importancia biolóxica vese reflectida pola presenza do ión Co(III) na vitamina B_{12} .



7. Níquel



O estudo do níquel estará dominado polo estado de oxidación II. A análise da reactividade deste metal, mediante o uso da correspondente estrela de reaccións, servirá de exemplo para lembrar a obtención xeral dos compostos en estado de oxidación II dos restantes metais de transición estudados. Debe destacarse o emprego do metal na fabricación de aceiros e nas superalixas de níquel, así como o seu uso como catalizador na produción de hidróxeno e na síntese orgánica en forma de Níquel Raney.

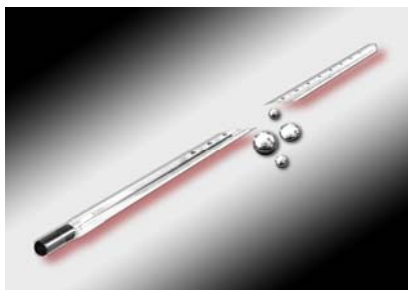
8. Cobre

O cobre forma parte dos chamados “metais de acuñación”, xunto ca prata e co ouro. Destacarase a especial condutividade tanto térmica como eléctrica do cobre, que marcará as súas principais aplicacións nos sectores eléctrico e electrónico. A interacción deste elemento con osíxeno levaranos a tratar os óxidos mixtos de cobre, de gran importancia nos supercondutores.

Estudaremos a rica Química acuosa do ión Cu(II) o que dá pé á introdución do concepto de distorsión Jahn-Teller. O cobre tamén é un elemento de gran importancia biolóxica, posto que está presente nos citocromos e nas hemocianinas.



9. Elementos do grupo 12: cinc, cadmio e mercurio



Para finalizar, nesta unidade didáctica estúdanse os metais do grupo 12, cinc, cadmio e mercurio. Buscaranse as súas semellanzas e diferenzas cos metais do grupo 14. Compararase tamén o cinc cun elemento alcalinotérreo, o magnesio. Unha vez presentados, cabe mencionar a rica Química de coordinación que presentan, a importancia bioinorgánica do cinc (presente en diversos enzimas coma a anidrase carbónica ou as peptidasas) a

pesar da ausencia de química redox ou a marcada toxicidade do cadmio e dos compostos organomercuriais. Dentro das aplicacións destes elementos destaca o papel que xoga o cinc no proceso de galvanizado do aceiro, en aliaxes coma o latón ou a súa presenza nas pilas.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

1. Prácticas de laboratorio

Co obxectivo de poñer en práctica algún dos coñecementos adquiridos nesta unidade didáctica propónse a realización de dous experimentos curtos no laboratorio. Trátase do illamento dun metal coma o ferro mediante un proceso aluminotérmico e da síntese dun composto de coordinación de cobre(II). Estes dous experimentos levaranse a cabo no laboratorio de xeito individual nunha única sesión de catro horas de duración. Os conceptos teóricos, procedementos experimentais, material e reactivos necesarios, así coma algunhas cuestións relativas a estas prácticas aparecen detallados no Anexo 2 desta unidade didáctica.

1.1 Aluminotermia: obtención del ferro metal

Este experimento é moi atractivo para o alumnado posto que supón a aplicación directa dos seus coñecementos sobre pirometalurxia e permítille obter ferro, un dos elementos de maior importancia industrial. O ferro obtense a partir do seu óxido por reacción con aluminio metal. Este proceso pon de manifesto como a calor liberada por unha reacción colateral pode ser aproveitada cineticamente para activar unha segunda reacción termodinamicamente moi favorable pero de cinética lenta.

1.2. Obtención de sulfato de tetramincobre

Preténdese que o alumnado leve a cabo a obtención dun composto de coordinación de Cu(II), o sulfato de tetramincobre(II), coa súa característica cor azul. A síntese levarase a cabo en medio acuoso por interacción dun sal de Cu(II) e o ligante amoníaco. A obtención deste complexo permitirá fixar mellor o concepto de composto de coordinación, cos seus elementos constituintes (ligante, ión metálico central e contraión) e así coma a súa nomenclatura característica.

2. Queres saber máis?

Nesta sección fórmulanse algúns temas de actualidade ou interese, relacionados con algúns dos elementos metálicos de transición obxecto de estudo. É importante que o alumnado, e máis se se trata da Titulación de Enxeñaría de Procesos Químicos Industriais, acade unha visión global do papel que xogan os elementos metálicos e os seus compostos en numerosos procesos industriais, biolóxicos, medioambientais ou da vida cotiá. Ao mesmo tempo, esta sección pretende facer máis ameno o contido desta unidade didáctica.

No contexto desta unidade didáctica propoñemos a realización en grupo dun traballo de exposición breve (máximo dez minutos) sobre algún

dos tópicos propostos a continuación ou sobre outros de interese que o profesor ou o alumnado consideren oportuno.

O COLTÁN E OS TELÉFONOS MÓBILES

O coltán non é realmente ningún mineral establecido. É un termo que responde á contracción do nome de dous minerais ben coñecidos: a columbita e a tantalita.



O uso principal do tántalo é a produción de capacitores eléctricos. Estes son empregados en case a totalidade de dispositivos electrónicos modernos, dende satélites artificiais ata teléfonos móbiles. Os condensadores electrolíticos de tántalo teñen valores de capacidade eléctrica máis exactos e son moito máis pequenos.



Os principais produtores mundiais de coltán son Australia, Brasil, Canadá e algúns países africanos (República Popular do Congo, Ruanda e Etiopía)

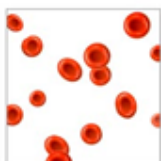
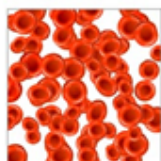


Segundo informes de axencias internacionais de prensa, a exportación de coltán axudou a financiar a varios bandos durante a Segunda Guerra do Congo, un conflito que oficialmente durou cinco anos (1998-2003) e que resultou cun balance aproximado de máis de 5 millóns de mortos.

ANEMIA FERROPÉNICA

Cantidad normal de glóbulos rojos

Cantidad de glóbulos rojos indicativa de anemia



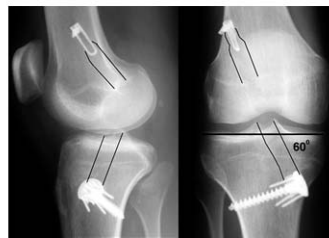
FeSO_4



Fe(OH)_3

A anemia ferropénica prodúcese por deficiencia de ferro, necesario para a formación dos hematíes. Pode ser debida a pouca inxesta, consumo extraordinariamente excesivo de taninos (Té), ou por perdas excesivas. En adición a unha dieta rica en ferro debe preferirse como tratamento inicial a inxestión de sales de ferro. A solubilidade destas sales é a condición indispensable para que o ferro se absorba axeitadamente, sendo mellor a absorción na forma ferrosa que na férrica. A súa absorción diminúe progresivamente en relación da dosis empregada; por iso se fai a recomendación de administrar a dose diaria en dúas ou tres tomas.

Metais biocompatibles: O Titanio



El titanio é un metal **biocompatible**, porque os tecidos do organismo toleran a súa presenza sen que se observen reaccións alérxicas do sistema inmunitario. Esta propiedade de biocompatibilidade do titanio xunto coas cualidades mecánicas de dureza, lixeireza e resistencia fan posible unha gran cantidade de aplicacións de gran utilidade en medicina, como próteses de cadeira e xeonllo, parafusos óseos, placas antitrauma e implantes dentais, compoñentes para a fabricación de válvulas cardíacas e marcapasos, gafas e ferramentas cirúrxicas tales como bisturís, tesoiras,... etc.

Importancia biolóxica do manganeso. Fotosíntese artificial

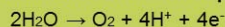
O **manganeso** é un **elemento traza** de gran importancia nos seres vivos. É abundoso na cortiza terrestre e os seus sales son solubles, polo que é un metal asequible.



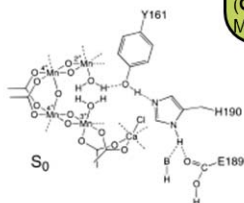
manganeso peroxidasa

O manganeso atópase nalgunas enzimas que catalizan procesos redox como son as **peroxidases**, **superoxidodismutasas** e **diosixenasas** (mononucleares), en **catalasas** e **ribonucleótido reductasas** (binuclear) e no **fotosistema II, PSII** (como tetranuclear).

No **PSII** é onde se produce a oxidación da auga dando lugar ao desprendemento de **diosixeno** e á xeración de **protóns** e **electróns**.



En concreto, esta reacción prodúcese no complexo liberador de osíxeno (**OEC**), que contén un **clúster tetranuclear de manganeso** (2Mn^{IV} , Mn^{III} y Mn^{II}), un ión Ca^{2+} e un ión Cl^- .



PSII

Na actualidade moitos grupos de investigación están a desenvolver compostos de coordinación de manganeso e doutros metais que sexan capaces de reproducir de xeito artificial a fotosíntese natural das plantas, proceso polo que éstas convirten o dióxido de carbono e a auga en carbohidratos e osíxeno, empregando a enerxía que proporciona o sol. Deste xeito búscanse métodos de absorción de dióxido de carbono e de produción de enerxía que sexan viables económica e tecnoloxicamente.

Outros posibles tópicos de interese para o alumnado poderían ser:

- As aliaxes
- A vitamina B₁₂
- Os *rusticles* do Titanic.
- Os nomes dos elementos metálicos
- Catalizadores homoxéneos e heteroxéneos
- Os metais nas pilas
- A contaminación no filme Erin Brockovich
- Os supercondutores
- A enfermidade de Minamata

AVALIACIÓN

- Realizarase un seguimento continuo da aprendizaxe do alumnado durante a realización das diferentes actividades propostas nesta unidade didáctica realizadas tanto na aula coma no laboratorio.
- Nas sesión expositivas valórase a asistencia e a participación nas consultas e pequenos debates que se abran durante as mesmas. De acordo co exposto, aínda que de xeito explícito a asistencia as sesión expositivas non é obrigatoria, a valoración continua destas sesións obriga á presenzabilidade do alumnado.
- Na sesión proposta de seminario resolveranse as cuestións recollidas no Anexo 1 da presente unidade didáctica. Nestas sesións valorarase tanto a participación activa de todo o estudantado como o grao de acerto na resolución das cuestións formuladas, pero non se penalizará a incorrecta solución ao problema. Nese caso valorarase o esforzo realizado e verase onde falla a formulación. Estes seminarios serán moi útiles para intentar ver o grao de asimilación da materia por parte do alumnado.
- Na sesión de prácticas valorarase o esmero posto na realización da práctica de laboratorio, así como a capacidade de razoamento e interpretación dos resultados obtidos nos dous experimentos realizados.
- Tamén se valorará de xeito colectivo o traballo en grupo feito para a exposición do tema de interese elixido dentro da sección “*Queres saber Máis?*”.
- Todas estas actividades de avaliación complementaranse coa parte correspondente dun exame escrito que se realizará ao final do cuadrimestre no contexto da materia Química Inorgánica, que abarcará tanto os contidos teóricos como as prácticas de laboratorio, e no que se debe acadar unha avaliación igual ou superior ao 50%.
- O alumnado poderá levar a cabo un proceso de autoavaliación sobre os coñecementos adquiridos. Para isto propónse a realización do test de autoavaliación recollido no Anexo 3 desta unidade didáctica.

ANEXOS

Anexo 1

BOLETÍN DE EJERCICIOS

1.- Escribe e axusta as seguintes reaccións:

- a) Titanio + Osíxeno + Calor
- b) Titanio + Cloro + Calor
- c) Vanadio + Osíxeno + Calor
- d) Pentóxido de vanadio en medio ácido
- e) Cromo + Ácido clorhídrico acuoso
- f) Dicromato potásico + Ácido sulfúrico
- g) Manganeso + Ácido clorhídrico acuoso
- h) Cobre + Ácido nítrico
- i) Cloruro de cobre (II) acuoso + Cinc metal.
- j) Mercurio + Ácido nítrico.
- k) Cobalto + Ácido sulfúrico
- l) Ferro + Aire húmido
- m) $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow$

2.- Comenta mediante as reaccións correspondentes, o comportamento ácido-base do óxido de cromo (VI).

3.- ¿Por que o permanganato potásico é un composto coloreado sendo un sistema d^0 ?

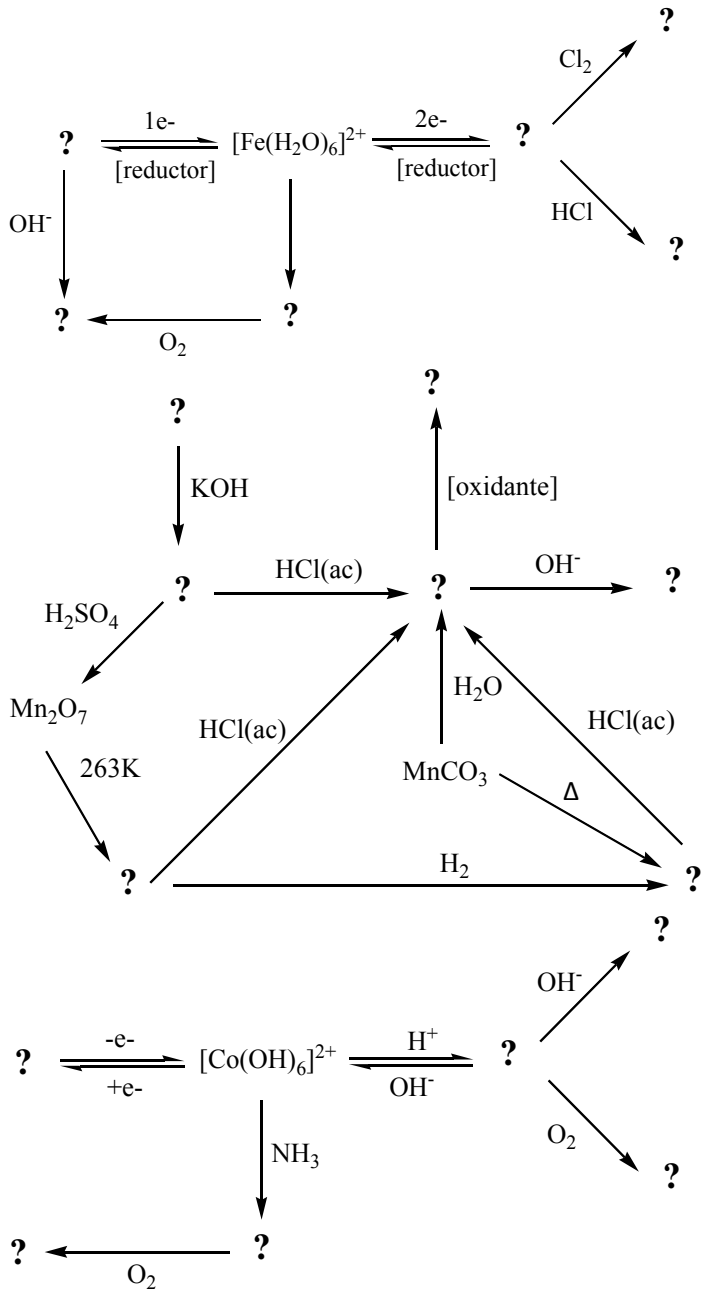
4.- Compárese a estabilidade dos óxidos de manganeso VII, IV, III y II.

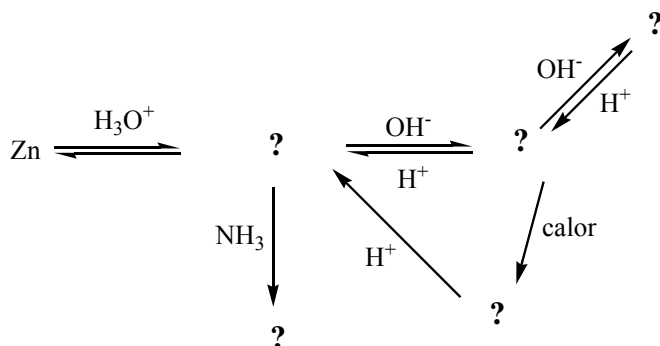
5.- Razoar por que $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ e $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, ámbolos dous complexos octaédricos de Fe(II), son paramagnético e diamagnético, respectivamente.

6.- Compare a diferente estabilidade de $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ fronte a $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

7.- O complexo hexaacuocobre(II), $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, debería ter unha xeometría octaédrica. Porén as dúas distancias axiais Cu–O son de 238 pm, mentres as catro distancias ecuatoriais Cu–O son de 195 pm. Razoe e explique este feito.

8.- Completa os seguintes esquemas de reactividade:





Anexo 2

Prácticas de laboratorio

1. Aluminotermia: obtención del ferro metal

1.1 Obxectivo

O obxectivo da práctica será a obtención dun elemento metálico a partir dunha das súas menas utilizando un proceso aluminotérmico.

1.2 Base teórica

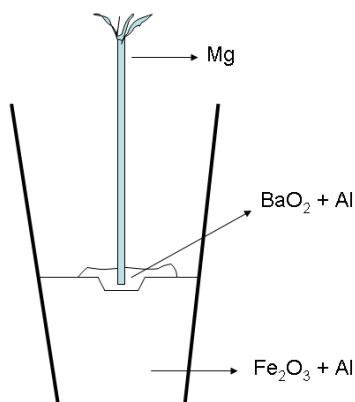
Un gran número de métodos de obtención de metais están baseados na redución dos seus óxidos, xa sexa porque estes constitúen con frecuencia as súas menas ou ben porque se obteñen a partir de sulfuros ou carbonatos. Industrialmente, un método bastante xeral é o de redución con carbón a altas temperaturas. Así, a incorporación de minerais de ferro á industria siderúrxica ten lugar por este procedemento. Alternativamente, cando se requiren metais exentos de carbono a industria emprega silicotermias ou ben a redución con aluminio polo procedemento da aluminotermia.

A redución con aluminio a alta temperatura dun óxido metálico (aluminotermia) é un dos procesos máis utilizados para a obtención de metais. A nivel industrial, o mineral usado para a obtención do metal correspondente (mena) atópase na natureza mesturado con constituíntes de rocas (ganga); polo tanto nesta reacción é necesario engadir un fundente que facilite a formación de escouras que permita separar a ganga do metal puro, tal como ocorre na obtención de ferro no alto forno.

Nesta práctica utilizaremos este método para a obtención de ferro a partir de óxido de ferro(III).

1.3 Procedemento experimental

Nun morteiro mestúranse 7 gramos de óxido férrico seco e 3 gramos de aluminio en po. Colócase a mestura nun crisol e comprímese ben no fondo do mesmo. Faise un pequeno oco no centro da mestura cunha espátula e entérrase nela unha cinta de magnesio de aproximadamente 12 cm, que previamente limpamos do óxido que a recubre cunhas tesoiras. No punto de contacto da cinta de magnesio e a mestura de sólidos empoamos unha punta de espátula dunha mestura de peróxido de bario e aluminio en proporción 10:1.



Colócase o crisol nun baño de area fora do laboratorio e préndese lume á cinta de magnesio. A reacción é bastante violenta, polo que convén manterse afastado da mesma. Cando o crisol arrefría recóllese o régulo de ferro metálico xerado e pésase.





1.4 Material

Crisol de chamota, Espátula, Balanza, Morteiro de porcelana, Morteiro de ferro, Vidro de reloxo, Tesoiras; Baño de area, Cápsula de porcelana.

1.5 Reactivos

Oxido de ferro(III); Peróxido de bario; Cinta de magnesio; Aluminio en po.

1.6 Referencias específicas

“*The thermite process, Education in Chemistry*”, **1979**, 16, 178;
Journal of Chemical Education, **1975**, 52, 400.

1.7 Cuestións

1. Escribe e axusta tódalas reaccións que teñen lugar.
2. ¿Para que serve a adición de peróxido de bario?
3. ¿Cal é a orixe do nome do ferro?
4. Calcula o rendemento da aluminotermia.
5. Debuxa e nomea o material empregado na práctica.

2. OBTENCIÓN DE SULFATO DE TETRAMÍNCOBRE(II)

2.1 Obxectivos

Preténdese que o alumnado observe a formación dun complexo, visible polo neto cambio de cor, que se sobrepón á precipitación do hidróxido metálico, habitual nun medio básico. Doutra banda, poderase observar tamén a variación da solubilidade coa modificación da polaridade do medio.

2.2 Base teórica

Os compostos de coordinación ou complexos son unha importante clase de substancias inorgánicas que conteñen un ion metálico ao que se unen outros ións ou moléculas mediante ligazóns covalentes coordinados. Estes ións ou moléculas unidos ao ion metálico denomínanse ligandos, e todo o conxunto de metal central e ligandos forman o complexo. Os complexos máis simples son os catións hidratados dos metais de transición; por exemplo, en moitos sales comúns o ion metálico está unido a seis moléculas de auga formando o hexaacuaíón, $[M(H_2O)_6]^{n+}$. Esta é a especie dominante nas disolucións acuosas destes sales. Pero hai moitos ións e moléculas que poden actuar como ligandos en compostos de coordinación, sendo un primeiro requisito que dispoñan de, polo menos, un par electrónico capaz de interaccionar con orbitais baleiros do metal central. Son ligandos comúns os ións haluro (F^- , Cl^- , Br^- , I^-), o ión cianuro (CN^-), o monóxido de carbono (CO), a auga (H_2O) e o amoníaco (NH_3).

2.3 Procedemento experimental

Nun vaso de precipitados de 250 mL disólvense 2 gramos de sulfato de cobre pentahidratado en 20 mL de auga destilada. Engádese amoníaco concentrado ata que o precipitado inicial se redissolva e logo outro volume igual ao engadido até entón, de modo que a disolución sexa azul escura e transparente. Logo engádense 20 mL de etanol do 95% e colócase o vaso nun baño de xeo durante unhas dúas horas. Os cristais que se formen fíltanse nun funil Büchner con succión e déixanse secar ao aire.

2.4 Material

Balanza; funil Büchner; matraz Kitasato, cono de goma; cristalizador; espátula; probeta de 25 mL; trompa de baleiro; varíña de vidro; vaso de precipitados de 250 mL; vidro de reloxo.

2.5 Reactivos

Amoníaco concentrado; etanol do 96%; sulfato cúprico pentahidratado; xeo.

2.6 Cuestións

1. Calcular o rendemento obtido.
2. De que cor é o precipitado obtido inicialmente ao engadir o amoníaco e de qué sustancia se trata?
3. ¿Por que e para qué se engade o etanol?
4. ¿Que estrutura ten o ión complexo?

Anexo 3

Test de autoavaliación

Indicar cal é a resposta correcta (ou incorrecta no seu caso) para as cuestións 1 a 10.

- 1.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta:
 - a) O lingote é o material fundido que se obtén no alto forno a partir dun mineral de ferro.
 - b) O aceiro é unha aliaxe de ferro e carbono.
 - c) O aceiro inoxidable é unha aliaxe que contén cromo.
 - d) O aceiro é unha aliaxe que posúe aproximadamente a mesma cantidade de ferro e carbono.

- 2.- Ao acidificar disolucións que conteñen anións cromato obtense:
 - a) Cr_2O_3
 - b) CrO_3
 - c) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 - d) CrO_4^{2-}

- 3.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta:
 - a) O método Kroll está relacionado coa obtención do titanio e vanadio.
 - b) O método Kroll consiste na reacción con carbono e cloro para obter o haluro do metal que posteriormente será tratado cun redutor para obter o metal.
 - c) A reacción do titanio cos halóxenos da lugar á formación dos TiX_4 .
 - d) A reacción do titanio co ácido clorhídrico da lugar a TiCl_4 e H_2 .

- 4.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta. O permanganato potásico:
 - a) En medio ácido redúcese a Mn(II) .
 - b) En medio básico redúcese a Mn(IV) .
 - c) En medio ácido e en medio básico redúcese a Mn(II) porque é o estado de oxidación máis estable do manganeso.
 - d) É un axente oxidante poderoso.

- 5.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta:
 - a) O VF_5 obtense mediante síntese directa do vanadio co flúor.
 - b) O VCl_4 obtense mediante síntese directa do vanadio co cloro.
 - c) O VBr_3 e VI_3 obtéñense por síntese directa do vanadio e o halóxeno correspondente.
 - d) A reacción do vanadio cos halóxenos da lugar en tódolos casos ao VX_5 .

- 6.- Unha disolución acuosa dun sal de Fe(III) compórtase coma:
 - a) Oxidante.
 - b) Redutor.

- c) Base forte.
- d) Base feble.

7.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta:

- a) O ferro non é capaz de acadar o estado de oxidación VIII.
- b) A reacción de ferro cos catro halóxenos xera FeX_2 .
- c) O estado de oxidación máis estable para o cadmio é Cd(II) .
- d) A reacción de ferro con ácido clorhídrico diluído libera hidróxeno.

8.- Indica cal das seguintes afirmacións é incorrecta:

- a) A tenorita é unha mena de zinc.
- b) O ácido nítrico pasiva ao cobalto metal.
- c) Os complexos octaédricos e tetraédricos de Co(II) teñen valores de momentos magnéticos semellantes.
- d) Os complexos de Ni(II) planocadrados son diamagnéticos.

9.- Indica cal das seguintes afirmacións é correcta:

- a) O tratamento de cobre con ácido nítrico libera hidróxeno.
- b) A reacción de cobre cos catro halóxenos da lugar a CuX_2 .
- c) O cobre é un metal altamente condutor.
- d) Cu(II) é o único estado de oxidación do cobre.

10.- Indica cal das catro afirmacións seguintes é incorrecta:

- a) Cando se quenta cinc en presenza de osíxeno fórmase o óxido ZnO .
- b) Cando se quenta cinc en presenza de osíxeno fórmase o peróxido ZnO_2 .
- c) Cando se quenta cinc impuro con HCl diluído prodúcese hidróxeno.
- d) Cando se trata cinc cunha base forte libérase hidróxeno.

Solucións: 1d; 2c; 3c; 4c; 5d;6a;7b; 8a; 9c; 10b

BIBLIOGRAFÍA

1. Bibliografía básica

Recoméndanse tres textos que abarcan a maior parte do temario proposto e que empregan unha linguaxe sinxela para a presentación dos contidos. Ademais, os libros Rayner-Canham e Shriver&Atkins deste apartado, así como o texto Housecroft do apartado seguinte, son atractivos porque presentan temas de actualidade que demostran a grande interese que ten a Química Inorgánica e que axudan a motivar o alumno.

- COTTON, F. A.; G. WILKINSON (1999): *Química Inorgánica Básica*. Limusa.
- RAYNER-CANHAM, G. (2000): *Química Inorgánica Descriptiva*, 2ª ed. Pearson Educación, México.
- SHRIVER&ATKINS (2006): *Química Inorgánica*, 4ª ed. McGraw-Hill.

2. Bibliografía complementaria

Inclúense aquí unha selección de libros máis extensos, na que se incorporan versións en inglés co obxectivo de que o alumnado se familiarice coa terminoloxía inglesa nesta disciplina. Tamén se recomenda un libro de Química Xeral no caso de que sexa necesario recordar algún concepto máis básico.

- COTTON, F. A. e G. WILKINSON (1988): *Química Inorgánica Avanzada*, 5ª ed. Limusa, México.
- GREENWOOD, N. N. e A. EARNSHAW (1997): *Chemistry of the elements*, 2ª ed. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- HOUSECROFT, C. E. e A. G. SHARPE (2006): *Química Inorgánica*, 2ª ed. Pearson Prentice Hall, Madrid (edición en inglés: (2007) *Inorganic Chemistry*, 3ªed., Pearson Prentice Hall).
- HUHEEY, J. E., E. A. KEITER e R. L; KEITER (1997): *Química Inorgánica: principios de estrutura y reactividad*, 4ª ed. Oxford University Press, México.
- PETRUCCI, R. H.; W. S. HARWOOD e F. G. HERRING (2003): *Química General*, 8ª ed. Pearson Educación, S. A., Madrid.

3. Bibliografía complementaria (Manuais de prácticas e técnicas de laboratorio)

- ADAMS, D. M. e J. B. RAYNOR (1966): *Química Inorgánica Práctica Avanzada: conjunto de ideas y experiencias comprobadas, útiles para su desarrollo en un curso superior*. Reverté.
- ANGELICI, R. J. (1979): *Técnica y Síntesis en Química Inorgánica*, 2ª ed. Reverté.
- BRAUER, G. (1958): *Química Inorgánica Preparativa: técnicas generales de laboratorio y métodos preparativos de substancias inorgánicas de interés en la investigación científica, pura o aplicada*. Reverté, Barcelona.

- GRUBITSCH, H. (1959): *Química Inorgánica Experimental: manual de prácticas de Química Inorgánica*. Aguilar Madrid,
- SCHLESSINGER, G. G. (1965): *Preparación de compuestos inorgánicos en laboratorio*. Continental.

Citas de recursos en internet

Táboa periódica con información de interese sobre os elementos químicos:

<http://www.webelements.com>

Páxina con normas de nomenclatura e formulación. Contén exercicios sinxelos con autoavaliación:

<http://www.alonsoformula.com>

Páxina con información útil sobre os minerais e sobre a importancia biolóxica dos elementos químicos:

<http://www.mii.org>

Páxina con numerosos experimentos de laboratorio moi visuais:

<http://www.chem-toddler.com>



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN LINGÜÍSTICA

