

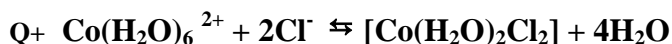
EQUILIBRIO QUÍMICO 2

Los desplazamientos de equilibrio con la transferencia de energía. Termómetros químicos.

Muchos de los intercambios de ligandos en la formación de complejos ocurren con absorción o desprendimiento de energía. Los más característicos son los estudiados a continuación, ya que dichos compuestos puedan usarse como verdaderos termómetros químicos.

1. Los complejos de cobalto(II)

Uno de los ejemplos más conocidos, es el cloruro de hexaacuocobalto(II), hexaédrico, de color rosa pálido que por calefacción se transforma en un complejo tetraédrico distorsionado, intercambiado los ligandos agua por cloro, tomando color azul. Este caso es el empleado en la tinta invisible (el rosa pálido casi no se percibe, mientras que el azul destaca bastante).



En exceso de iones Cl^- , como ocurre en este caso, el proceso continúa



De forma que

Calentando → Azul

Enfriando o agregando agua → Rosa pálido

Q aproximadamente se encuentra entre 42 y 54 kJ/mol. El complejo hexaédrico, presenta un pico de absorción en los 550nm, mientras que en el tetraédrico el pico más definido aparece a los 675 nm, aproximadamente, finalmente el complejo tetraclorocobalto(II), presenta un pico de absorción a los 650nm (color azul oscuro)

En el montaje que se realiza para fotografía digital, se sitúa en la caja Petri, unos cristallitos de cloruro de cobalto(II), una gota de agua destilada y unos cristallitos de cloruro sódico, tal como se aprecia en la figura 1. Se disuelve el cloruro de cobalto, formándose el complejo hexaacuocobalto(II) (fig. 2), de color rosa, y posteriormente se disuelve el cloruro sódico (fig. 3), sin que cambie de color.



Fig. 1

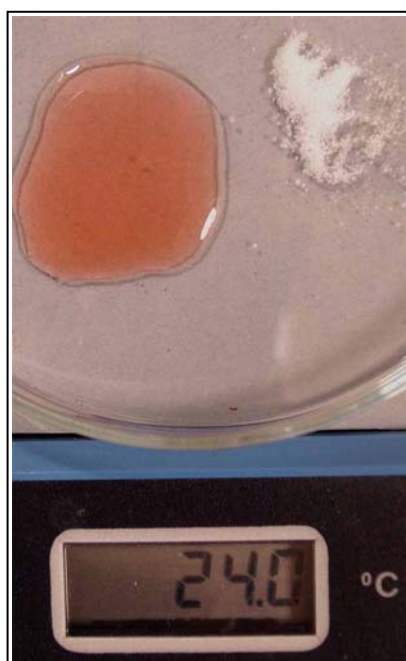


Fig. 2

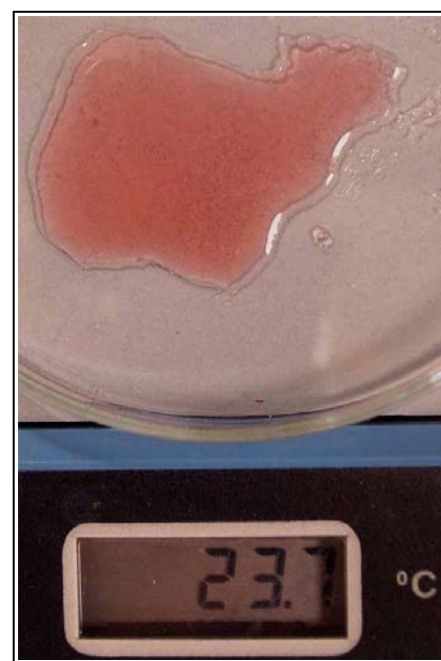


Fig. 3

Posteriormente la caja Petri se dispone sobre una placa de cerámica calentada, (fig. 4 y 5), tomándose la temperatura con una sonda Ebsero, (obsérvese como va azuleando el compuesto). Después se enfriará sobre depósito con líquido frigorífico recién salido del congelador (fig. 6).

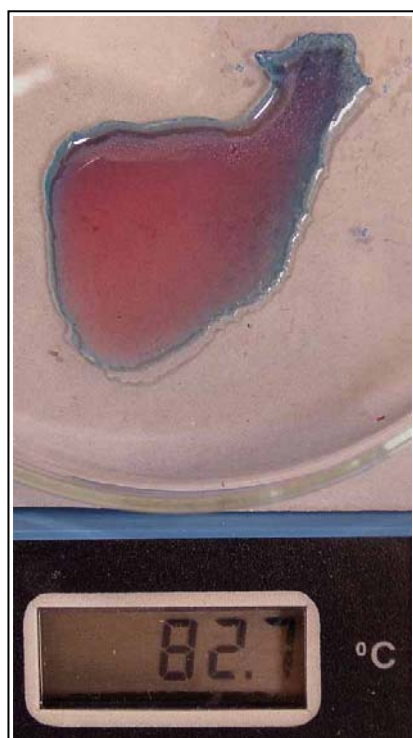


Fig. 4

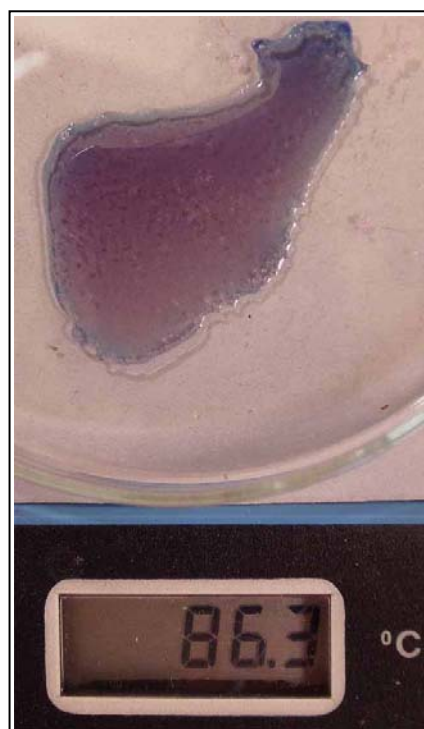


Fig. 5



Fig. 6

Si agregamos una gota de ácido clorhídrico (fig. 7), el complejo volverá a desplazarse, hacia la derecha, produciendo más tetraclorocobalto(II), especialmente si se vuelve a las condiciones ambientales (un poco forzadas por el calor de los focos)(fig. 8). Sin embargo si echamos en el centro una gota de agua destilada, vuelve a surgir la tonalidad rosada del hexaacuocobalto(II), por lo que se demuestra que el equilibrio vuelve a desplazarse hacia la izquierda.



Fig. 7

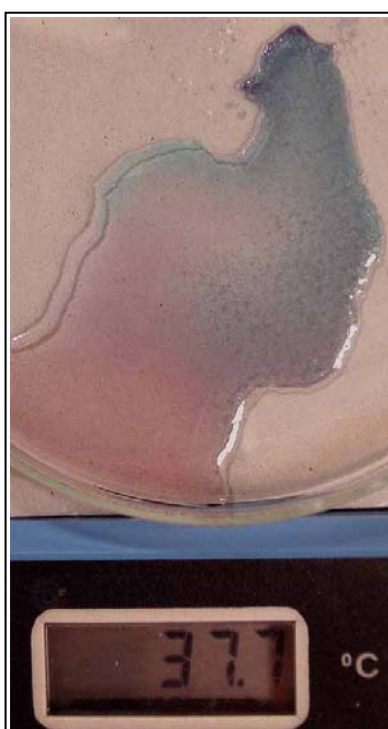


Fig. 8

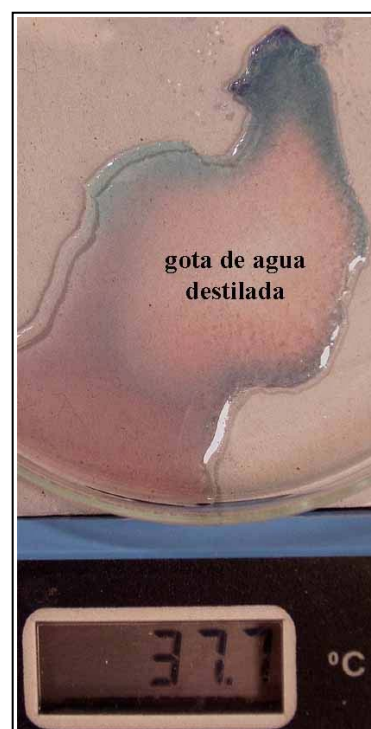


Fig. 9

2. Los complejos de cobre(II).

Los complejos de cobre aunque menos vistosos que los de cobalto también se pueden desplazar mediante intercambio de calor.

El cloruro de cobre (II), forma complejos tetraédricos con el agua, que en un proceso endotérmico puede ser intercambiada con bromo, al reaccionar con bromuro potásico, dando complejos verdosos, con un cierto tono rojizo (por formación de bromo). La reacción puede completarse haciéndola reaccionar con hidróxido amónico, con lo que formará complejos amoniacaes de color azul mas oscuro.

Las reacciones serían:



Tal como aparece en las fotos se disponen los reactivos indicados (fig. 10), uniéndose las gotas. Primero se disuelve el bromuro potásico, apareciendo la gota de color verde rojizo por formación del complejo bromado (fig. 11), después al unirse la gota de hidróxido amónico, se forma el complejo amoniacal azul más oscuro (fig. 12).

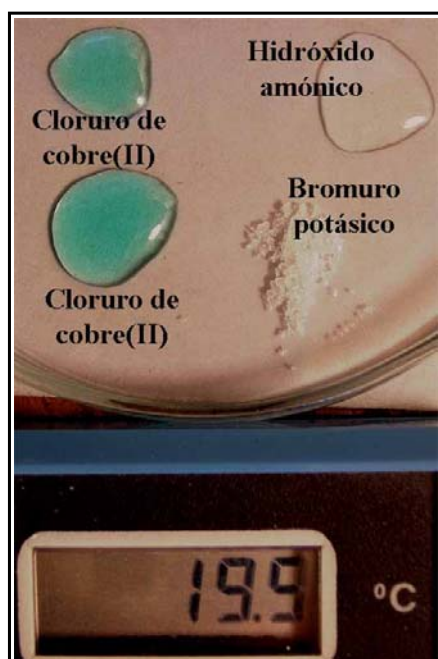


Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12

Ahora se dispondrá la caja Petri, sobre placa de cerámica calentada, o sobre placa con mezcla frigorífica, obteniéndose las fotos de las figuras 13 y 14.

En la 13, al calentar se observan tonos verdosos por predominio del complejo $[\text{CuBr}_4]^{2-}$, y al enfriar los tonos son azules.

En la 14 se conserva el cloruro de cobre(II) original para observar mejor su color en comparación con el obtenido.



Fig. 14

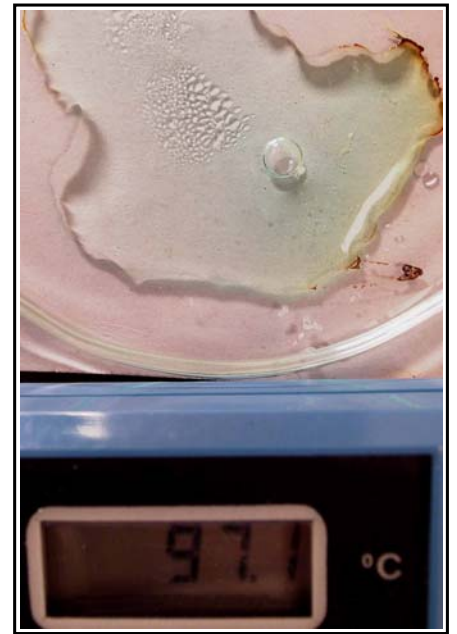


Fig. 13

3. Los complejos de cromo(III).

Los complejos de cromo(III), tal como los de cobalto(II) y cobre (II), también sufren desplazamientos por acción de calor, con intercambio de ligandos y por lo tanto con cambios de color, que los convierten en verdaderos termómetros químicos.

Se va a hacer reaccionar nitrato de cromo(III), con cloruro sódico. Para lo cual en una caja Petri se disponen tal como indica la figura 15. Nitrato de cromo (III) sólido, una gota de agua destilada, y cloruro sódico sólido. Se disuelve el nitrato de cromo (III) en el agua (fig. 16), observándose el color púrpura característico. Después se disuelve el cloruro sódico, sin que se aprecie cambio de color alguno (fig. 17). Prácticamente la temperatura no ha variado.



Fig. 15

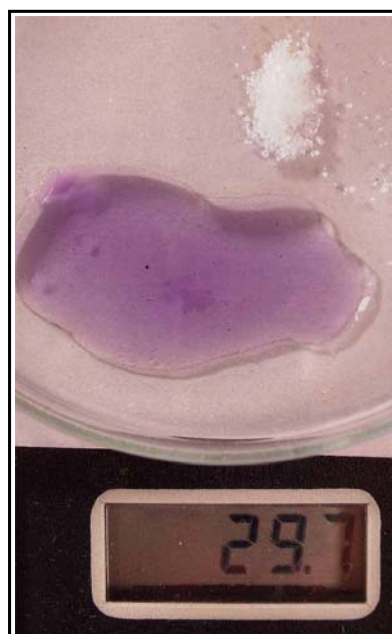


Fig. 16

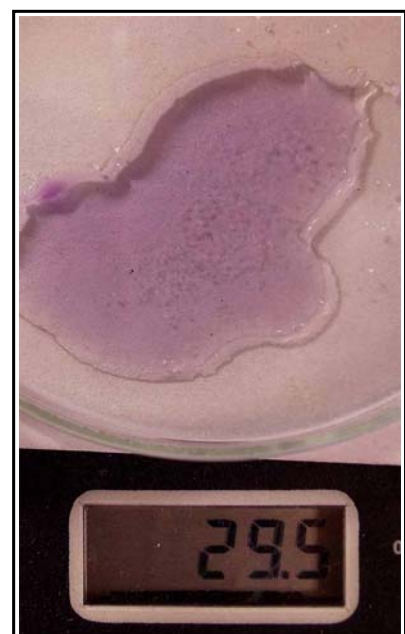


Fig. 17

Ahora se dispone la caja Petri sobre placa cerámica calentada (fig. 18), y después sobre recipiente con líquido frigorífico (fig. 19 y 20), agregándose unas gotas de agua, observándose los cambios de color de la disolución.

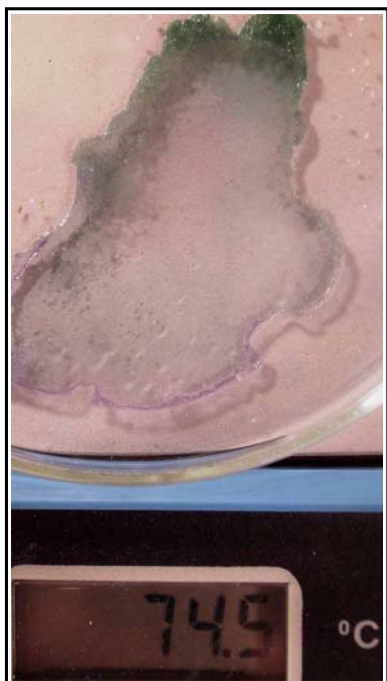


Fig. 18

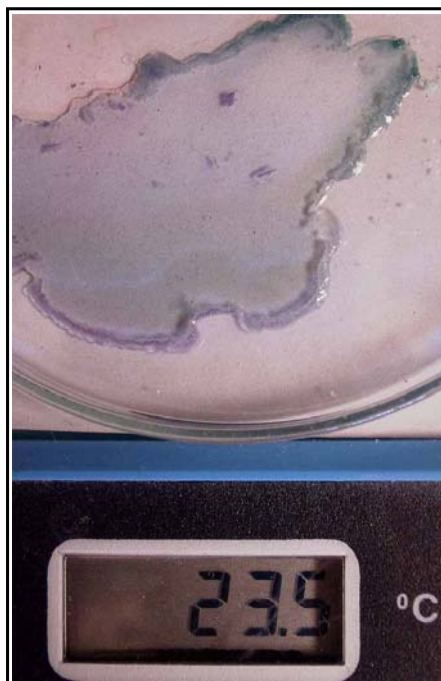


Fig. 19

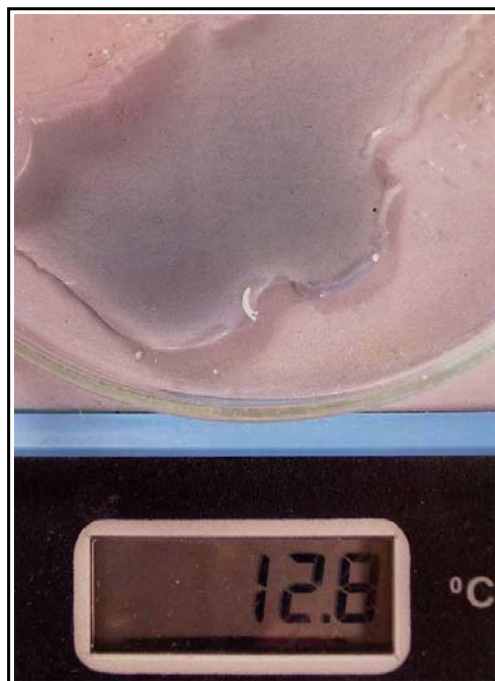
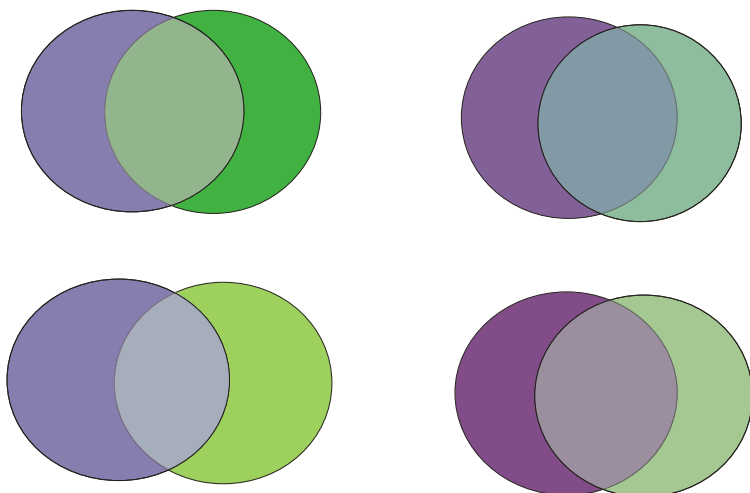
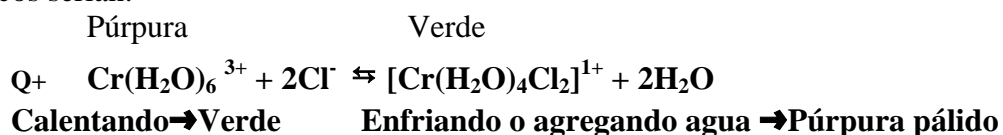


Fig. 20

La justificación de estos procesos, está en el intercambio de ligandos acuo por cloro, favorecidos por el calentamiento del sistema. Este intercambio de ligandos, tal como se ha explicado en Equilibrio Químico I, modifica la energía de desdoblamiento, alterando la absorción energética, y cambiando el color de compuesto. Ahora bien dado que es un equilibrio, el color resultante dependerá de la composición de la mezcla en equilibrio, según predomine una forma o la otra. Por eso los cambios no resultan especialmente llamativos y los colores de la mezcla no son muy definidos.

Los procesos químicos serían:



Obsérvese en la simulación de combinación de colores (fig. 21) los que se producen según la concentración de las formas coloreadas, tal como se ha explicado en su día en el trabajo “Los colores de los compuestos de manganeso” (Véase en Almacén de Didáctica de la Física y Química).

Fig. 21

