Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

HACIENDO VISIBLE LA QUÍMICA

Química forense. Experimentos

Hans Joachim Bader, Martin Rothweil

Traducción y adaptación llevada a cabo por:
IQS
Universitat Ramon Llull

Education and Culture

Socrates
Comenius

Project N. 129193-CP-1-2006-1-DE–COMENIUS–C21 v. 1.0 (2009-08-12)

CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*) es un proyecto COMENIUS cuyo cometido es el desarrollo de materiales educativos que ayuden a los profesores a hacer sus clases más atractivas colocando la química en el context de la industría química y la vida cotidiana.

Forman parte del proyecto CITIES las instituciones siguientes:

- Goethe-Universität Frankfurt, Germany, http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de
- Czech Chemical Society, Prague, Czech Republic , http://www.csch.cz/
- Jagiellonian University, Kraków, Poland, http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html
- Hochschule Fresenius, Idstein, Germany, http://www.fh-fresenius.de
- European Chemical Employers Group (ECEG), Brussels, Belgium, http://www.eceg.org
- Royal Society of Chemistry, London, United Kingdom , http://www.rsc.org/
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF), Brussels, Belgium, http://www.emcef.org
- Nottingham Trent University, Nottingham, United Kingdom, http://www.ntu.ac.uk
- Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Frankfurt/Main, Germany, http://www.gdch.de
- Institut Químic de Sarriá (IQS), Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain, http://www.iqs.url.edu

Otras instituciones asociadas al proyecto CITIES son:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, United Kingdom
- Masaryk Secondary School of Chemistry, Prague, Czech Republic
- Astyle linguistic competence, Vienna, Austria
- Charles University in Prague, Prague, Czech Republic

Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación solo refleja los puntos de vista de su/s autor/es, la Comisión Europea no puede ser considerada responsable de cualquier uso que pueda hacer con la información contenida en el mismo. El equipo CITIES advierte a cualquiera que use los materiales experimentales de CITIES, que debe conocer y respetar las medidas de seguridad adecuadas de acuerdo con una práctica profesional responsable y con las regulaciones nacionales y de su institución. CITIES no es responsable de los daños que puedan resultar de un uso incorrecto de los procedimientos descritos.

DESCUBRIENDO HUELLAS DACTILARES. LOS POLVOS MÁGICOS DE LA QUÍMICA.

CONCEPTOS BÁSICOS

Todas las sustancias químicas en forma de polvo que se mencionan en los siguientes experimentos son empleadas habitualmente por la policía científica para descubrir huellas. Los agentes químicos más comunes son el hierro y el óxido de hierro(III), y las superficies sobre las que mejor funcionan son el vidrio y las baldosas. Las huellas dactilares ya reveladas pueden ser conservadas retirándolas de la superficie original con un trozo de cinta adhesiva y pegándolas en una hoja de papel blanco, donde quedan fijadas permanentemente.

DURACIÓN

15 minutos.

MATERIAL

- 4 pinceles finos -por ejemplo, los Milán 711-08-
- 4 placas Petri, platos o vasos de vidrio de superficie lisa
- cinta adhesiva -mejor si es ancha-
- hojas de papel blanco

REACTIVOS

- grafito
- bronce de aluminio
- hierro, en forma de polvo muy fino
- óxido de hierro(III), en forma de polvo muy fino

NOTAS DE SEGURIDAD

- bronce de aluminio -extremadamente inflamable, F^+-
- hierro en polvo -inflamable, F-

PROCEDIMIENTO

(1) Se dejan huellas en los diferentes utensilios de vidrio.
(2) Se llenan las placas Petri con una pequeña cantidad de los distintos agentes químicos de revelado.
(3) Se aplican los agentes de revelado sobre las superficies con huellas espolvoreándolos, o bien con los pinceles, o bien directamente de manera suave -¡atención! si se aplica un exceso de polvo puede emborronar las huellas-.
(4) Finalmente, el polvo que no queda fijado sobre las marcas se elimina soplando.

OBSERVACIONES

Las huellas dactilares se revelan como patrones de líneas con color -según sea el agente químico empleado

serán de uno u otro color-. Pero además, la huella será más o menos nítida según la sustancia empleada y la superficie sobre la que se halla, ya que los reveladores suelen ser más eficientes sobre determinadas superficies.

INTERPRETACIÓN

El revelador se adhiere a la superficie sólo en los puntos en que los dedos la han tocado gracias a la fuerza adhesiva de las sustancias que se han dejado en ella -agua, grasa, proteínas, etc.- y por ese motivo las huellas dactilares se muestran coloreadas por contraste con la superficie no coloreada.

RESIDUOS

Los agentes químicos no empleados pueden ser usados en otra ocasión o eliminados como cualquier otro residuo químico sólido.

DESCUBRIENDO HUELLAS DACTILARES. TAMBIÉN CON YODO.

CONCEPTOS BÁSICOS

El yodo puede emplearse en forma de polvo o de vapor, pero no puede usarse durante el trabajo de campo en la escena del crimen por sus efectos nocivos al ser respirado -irritación de las membranas y mucosas- o cuando toca la piel. Es especialmente útil para revelar huellas sobre papel, pero como es muy volátil sólo pueden verse durante breves instantes, por tanto, deben ser fotografiadas o fijadas mediante una reacción química -por ejemplo con almidón-.

DURACIÓN

15 minutos.

MATERIAL

- embudo de adición
- pera de presión
- lana de vidrio
- tapones de goma
- cámara de elución de capas finas
- baño de arena
- placa calefactora
- pinzas
- papel de escribir
- cartón
- gafas de protección
- campana de extracción

REACTIVOS

- yodo

NOTAS DE SEGURIDAD

- Yodo -nocivo, Xn; peligroso para el medio ambiente, N-

PROCEDIMIENTO

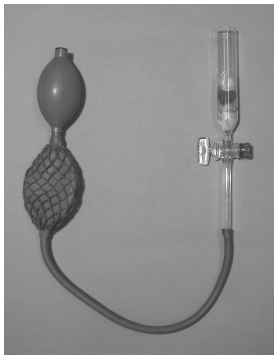
Todas las operaciones que se realicen a continuación deberán llevarse a cabo en campana extractora.

(1) Se dejan huellas sobre el papel o el cartón.

Alternativa 1: **vaporizador de yodo**.

(2) Se llena un embudo de adición con una capa de lana de vidrio, seguida de una capa de yodo y una última capa de lana de vidrio.

(3) A continuación, la pera de presión se conecta al extremo del embudo de adición -ver la figura adjunta-.



(4) Finalmente, la muestra con las huellas dactilares es vaporizada con yodo insuflando presión al embudo mediante la pera de goma.
(5) Cuando no se emplee, el vaporizador debe mantenerse sellado con un tapón de goma.

Alternativa 2: **cámara elutrópica**.
(2) Se depositan unos cuantos cristales de yodo en el fondo de la cámara elutrópica.
(3) Se sitúa en su interior el soporte sobre el que se han dejado las huellas.
(4) Se cierra la cámara elutrópica.
(5) Se calienta la cámara suavemente en el baño de arena.

OBSERVACIONES Las huellas dactilares se revelan como patrones de líneas de color marrón.

INTERPRETACIÓN El yodo se adhiere al papel sólo en los puntos en que los dedos la han tocado gracias a la fuerza adhesiva de las sustancias que han dejado en ella: agua, grasa, proteínas, etc.

RESIDUOS Los cristales de yodo pueden ser usados en otra ocasión o disueltos en agua y eliminados por el desagüe.

NOTA Las huellas sólo son visibles durante unos breves instantes porque el yodo es muy volátil: para fijarlas debe eliminarse el exceso de yodo dejándolo evaporar al aire unos breves instantes y, a continuación, debe aplicarse sobre el papel o el cartón una solución al 1% de almidón en forma de spray. Con este tratamiento, las huellas deberían verse de color azul marino.

DESCUBRIENDO HUELLAS DACTILARES. EL CIANOACRILATO.

CONCEPTOS BÁSICOS

Los adhesivos de Cianoacrilato son pegamentos de un solo componente: el monómero 2-cianocrilato en forma de éster. Se secan y solidifican muy rápidamente -gracias a la presencia de trazas de agua- convirtiéndose en un polímero de alto peso molecular no entrecruzado.

Como fuente alternativa del monómero, puede usarse el propio polímero de 2-cianoacrilato, que por rotura pirolítica rinde el monómero listo para ser polimerizado de nuevo.

¡ERROR! NO SE PUEDEN CREAR OBJETOS MODIFICANDO CÓDIGOS DE CAMPO.

Empleando estos adhesivos las huellas dactilares, especialmente las que están sobre metal y vidrio, se revelan en forma de patrones de líneas de color blanco-grisáceo.

DURACIÓN

30 minutos.

MATERIAL

- placa calefactora
- termómetro
- vaso de precipitados de 50 mL
- bandeja de aluminio pequeña
- papel de aluminio
- material metálico liso
- campana de extracción

REACTIVOS

- cianoacrilato -pegamento instantáneo-
- etanol
- óxido de aluminio

NOTAS DE SEGURIDAD

- Etanol -inflamable, F-
- cianoacrilato -irritante, Xi-. Precaución: puede unir piel o párpados en cuestión de segundos.

PROCEDIMIENTO

Todas las operaciones que se realicen a continuación deberán llevarse a cabo en campana extractora.

(1) La superficie del metal se desengrasa con etanol.
(2) A continuación, se dejan huellas sobre el metal.

Construcción del evaporador de cianoacrilato.

(3) Se coloca sobre la bandeja de aluminio -en medio- el vaso de precipitados medio lleno de agua.
(4) Se aplica una pequeña cantidad de adhesivo instantáneo en la cara interna de la bandeja de aluminio.
(5) Se cubre la bandeja con papel de aluminio.
(6) Se sitúa el termómetro de tal manera que la temperatura interior pueda ser leída desde el exterior.

Revelado de huellas dactilares.

(3) Se calienta el interior del evaporador a una temperatura entre 40 y 60ºC.
(4) A continuación, se coloca la muestra metálica dentro del evaporador -sobre la bandeja de aluminio- de tal manera que la superficie con las huellas quede expuesta a la cavidad interna.
(5) A los pocos minutos ya puede observarse como las huellas quedan completamente reveladas.

OBSERVACIONES

Las huellas dactilares se revelan como patrones de líneas de color blanco-grisáceo.

INTERPRETACIÓN

Gracias a la presencia de trazas de agua el cianoacrilato monomérico reacciona muy rápidamente para rendir un polímero de alto peso molecular sin entrecruzamiento. Así pues, teniendo en cuenta el alto contenido en agua de las huellas dactilares, resulta evidente que la polimerización ocurre preferentemente sobre éstas y no sobre la superficie metálica, por lo que se consigue suficiente contraste entre huella y superficie.

RESIDUOS

Los cristales de yodo pueden ser usados en otra ocasión o disueltos en agua y eliminados por el desagüe.

NOTA

El pegamento de cianoacrilato ya polimerizado puede desecharse como cualquier otro residuo doméstico.

HUELLAS DE ZAPATOS, PIES Y VEHÍCULOS: CONSERVACIÓN CON YESO.

CONCEPTOS BÁSICOS

No solamente las huellas dactilares pueden ser una valiosa prueba para esclarecer un crimen, si no también las huellas de zapatos, pies y vehículos. Este tipo de pistas se suelen hallar en superficies arenosas o húmedas, por lo que difícilmente pueden ser conservadas. Así pues, es necesario aplicar alguna técnica de conservación: habitualmente, se realizan moldes con yeso de construcción o con yeso dental. Pero antes de aplicar el yeso la huella debe consolidarse empleando laca de cabello o barniz como agente de fijación. El siguiente experimento consiste en conservar una huella empleando laca de cabello y yeso de construcción.

DURACIÓN

45 minutos.

MATERIAL

- pala para extender el yeso
- plato hondo de plástico -aprox. 50-40 cm de diámetro-
- marco de madera o cartón

REACTIVOS

- yeso de construcción
- laca de cabello
- tierra de jardinería

NOTAS DE SEGURIDAD

Ninguna

PROCEDIMIENTO

(1) Se llena el plato de plástico con una capa de tierra de jardinería y se hace una pisada en ella.
(2) Se fija la huella con la laca de cabello.
(3) Para delimitar la zona de la huella donde se va a aplicar el yeso, se coloca el marco.
(4) Se prepara el yeso para se aplicado siguiendo las instrucciones del fabricante: usualmente, mezclando el yeso en polvo con agua hasta que se forma una pasta uniforme.
(5) Se aplica la pasta de yeso sobre la huella con la ayuda de la pala. Empezar por la zona más profunda de la huella.
(6) Por ultimo, se retira el molde antes de que el yeso acabe de endurecerse totalmente, pero sólo cuando ya tenga una cierta consistencia.

OBSERVACIONES

El molde obtenido es la copia tridimensional de la huella como si ésta hubiera sido reflejada en un espejo.

INTERPRETACIÓN

La huella -en este caso la pisada- queda consolidada gracias a la aplicación de la laca de cabello.

Cuando el yeso para hacer el molde está en forma de polvo contiene sulfato de calcio hemihidratado. Al mezclarlo con agua, el sulfato de calcio hemihidratado reacciona para formar un sólido mucho más duro que no es nada más que sulfato de calcio dihidratado.

$$CaSO_4 \cdot \tfrac{1}{2}H_2O + 1\tfrac{1}{2}\,H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

RESIDUOS

Los residuos de yeso pueden desecharse como cualquier otro residuo doméstico.

NOTA

Antes de copiar una huella real suele ser necesario limpiarla de cualquier material ajeno tal como hojas, madera, piedras, etc. También debe eliminarse el agua que pudiera haber en ella, lo que suele hacerse absorbiéndola con un papel o succionándola con una pipeta.

DESCUBRIENDO NÚMEROS Y LETRAS BORRADOS. REVELADO DE RASTROS EN EL LATÓN.

CONCEPTOS BÁSICOS

Los vehículos de motor, las armas de fuego y las llaves de cerraduras de seguridad son los típicos objetos que tienen códigos de identificación individuales en forma de letras, números, símbolos identificativos o, en el caso de las armas de fuego, el alma del cañón. Cuando se emplea en un crimen uno de estos obejetos, el culpable suele intentar cambiar o eliminar el código, pues podría incriminarlo directamente. Limar, lijar, agujerear o golpear son sólo algunas de las maneras como se puede intentar alterar o destruir los códigos.

Para hacer visibles de nuevo estos códigos, la ciencia forense utiliza una técnica de investigación que recibe el nombre de contraste estructural: las tinciones metalográficas revelan los códigos originales porque la estructura del metal fue significativamente modificada cuando se imprimió por primera vez el código.

A continuación se realizará un experimento ilustrativo empleando un plato de latón y una solución de cloruro de hierro(III) como agente de tinción. En el texto teórico pueden encontrarse otras soluciones de tinción.

DURACIÓN

15-30 minutos.

MATERIAL

- llaves de latón o alpaca -que no sean magnéticas-
- lima
- papel de lija -grano 320, 600, 1000-
- probeta de 50 mL
- placas Petri
- pinzas
- 1 vaso de precipitados de 100 mL
- espátula
- balanza
- papel de laboratorio

REACTIVOS

- cloruro de hierro(III) anhidro -sin agua-
- ácido clorhídrico 30%

NOTAS DE SEGURIDAD

- cloruro de hierro(III) anhidro -nocivo, Xn-
- ácido clorhídrico -corrosivo, C-

PROCEDIMIENTO

(1) Los caracteres gravados en las llaves se borran con la lima, de tal manera que no se vean.
(2) A continuación, se pule la superficie metálica con el papel de lija.
(3) Se prepara la solución de tinción disolviendo 5 g de cloruro de hierro(III) en 50 mL de ácido clorhídrico.
(4) Se llena una placa Petri con la solución de tinción y se depositan en su interior las llaves durante 10 minutos.
(5) Si no se observan correctamente los códigos, puede repetirse el tratamiento hasta 5 veces.
(6) Finalmente, se lavan las llaves con abundante agua corriente y se secan con papel de laboratorio.

OBSERVACIONES

Los números y letras gravados en las llaves no son visibles después de ser borrados de su superficie, pero tras bañar las llaves en la solución ácida de cloruro de hierro(III) se revelan como caracteres de color gris.

INTERPRETACIÓN

Los números y letras gravados se vuelven visibles de nuevo porque estan incrustados en el metal en forma de alteraciones profundas de su estructura que el tratamiento superficial de borrado es incapaz de modificar. Estas profundas alteraciones estructurales provocan diferencias de potencial redox locales de los metales que componen el material de la llave. Por ello, cuando las llaves de estos materiales que contienen cobre se bañan en una solución ácida de hierro(III), se produce una reacción de oxidación únicamente en estas deformaciones locales, por ello se revelan los códigos borrados.

$$Cu + 2\,Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + 2\,Fe^{2+}$$

RESIDUOS

Las soluciones ácidas de metales pesados se neutralizan y se desechan en un bidón específico de residuos de metales pesados.

NOTA

Para que el experimento sea lo más reproducible posible, es importante que no se lije o lime excesivamente la superfície de las llaves.

La alpaca es una aleación metálica ternaria de cobre -60%-, níquel -20%- y zinc -20%-.

El latón es una aleación metálica de cobre y zinc.

TINTAS INVISIBLES Y DOCUMENTOS FALSIFICADOS. PREPARACIÓN DE TINTA AZUL.

CONCEPTOS BÁSICOS

La timolftaleína es un colorante orgánico con estructuras químicas y colores distintos según el valor del pH: en medio básico es azul, en medio ácido o neutro es incoloro.

DURACIÓN

15-30 minutos.

MATERIAL

- vasos de precipitados -1 de 100 mL, 2 de 250 mL-
- probeta de 100 mL
- varita de vidrio
- pincel
- papel de filtro grande o papel de escribir
- vaporizador
- espátula
- balanza
- pinzas

REACTIVOS

- timolftaleína
- etanol
- carbonato de sodio anhidro
- hidróxido de sodio

NOTAS DE SEGURIDAD

- etanol -inflamable, F-
- carbonato sódico -irritante, Xi-
- hidróxido de sodio -cáustico, C-

PROCEDIMIENTO

(1) Primero preparar las siguientes soluciones:
- 0,04 g de hidróxido de sodio en 100 mL de agua.
- 0,04 g de timolftaleína en 50 mL de etanol.
- 0,5 g de carbonato de sodio en 100 mL de agua.

(2) A continuación, se vierte la solución incolora de timolftaleína en la solución también incolora de carbonato de sodio: esta mezcla de soluciones se puede emplear como tinta.

(3) Se escriben con el pincel unas cuantas palabras en el papel de filtro o la hoja de papel.

(4) Después, se deja secar el papel durante 10 minutos.

(5) Se pulveriza la superficie escrita con la solución de hidróxido de sodio empleando el vaporizador.

OBSERVACIONES

La solución etanólica de timolftaleína no tiene color. Cuando se mezcla con la solución de carbonato de

sodio -también incolora- se obtiene una solución azul que puede emplearse como tinta para escribir.

Después de 10 min aproximadamente, la tinta con que se ha escrito sobre el papel deja de ser visible, pero al pulverizarla con la solución de hidróxido de sodio se vuelve a ver de nuevo.

INTERPRETACIÓN

Cuando se disuelve el carbonato de sodio en agua, se forman iones hidróxido y la solución se vuelve básica.

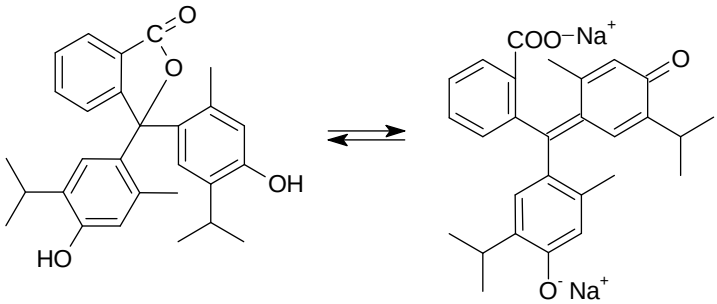
$$Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2\ Na^+ + HCO_3^- + OH^-$$

Si a esta solución básica se añade timolftaleína -colorante empleado como indicador ácido-base-, se colorea de azul: una tinta perfecta para escribir.

Pero cuando pequeñas cantidades de la solución básica del colorante se exponen al aire son neutralizadas por efecto del CO_2 de la atmosfera -0,03% en volumen-: la estructura química del colorante cambia desde su forma en medio básico -coloreada- a la forma en medio neutro -incolora- porque cambia del pH del medio. El resultado es que la tinta deja de tener color y lo que se ha escrito se vuelve invisible.

Cuando se pulveriza el papel con la solución de hidróxido de sodio, la tinta vuelve a ser visible: la timolftaleína vuelve a su forma azul porque el medio es básico de nuevo.

Las dos estructuras de la timolftaleína en equilibrio son las siguientes:



Timolftaleína

RESIDUOS

Las soluciones que no hayan sido consumidas pueden desecharse vertiéndolas por el desagüe.

TINTAS INVISIBLES Y DOCUMENTOS FALSIFICADOS. PREPARACIÓN DE TINTAS BREVEMENTE VISIBLES.

CONCEPTOS BÁSICOS

A partir de almidón se puede preparar fácilmente una tinta que sólo es visible durante unos breves instantes: cuando se seca, el mensaje desaparece. Para escribir con esta tinta sólo puede emplearse papel de filtro sin almidón -ATENCIÓN: el papel de escribir habitualmente contiene almidón-. Una vez la tinta se ha vuelto invisible, se puede pulverizar con una solución de yodo/yoduro de potasio para hacerla reaparecer. Y, de nuevo, se puede hacer desaparecer con tiosulfato de sodio.

DURACIÓN

30 minutos.

MATERIAL

- vasos de precipitados -1 de 100 mL y 3 de 250 mL-
- probeta de 100 mL
- placa calefactora con agitación magnética
- barrita de agitación magnética
- hojas de papel de filtro sin almidón
- dos vaporizadores
- pincel
- varita de vidrio
- balanza
- pinzas.

REACTIVOS

- yodo
- yoduro de potasio o de sodio
- almidón
- tiosulfato de sodio pentahidratado
- hielo

NOTAS DE SEGURIDAD

- yodo -nocivo, Xn; peligroso para el medio ambiente, N-

PROCEDIMIENTO

Preparación y empleo de tinta invisible.

(1) Se suspende 1 g de almidón en 100 mL de agua destilada.
(2) Se añaden 50 mL de agua hirviendo y se mantiene a ebullición durante 5 minutos.
(3) A continuación se añaden 40 mL de agua a 0ºC.
(4) Ahora ya se puede escribir un mensaje secreto en el papel.
(5) Se deja secar el papel al aire durante algunos minutos.

Revelado del mensaje.

(6) Se prepara la solución de yodo disolviendo 1,70 g de yoduro de potasio -o 1,54 g de yoduro de sodio- y 2,50 g de yodo en 100 mL de agua destilada.

(7) Se revela el mensaje pulverizándolo con esta solución.

Reocultación del mensaje.

(8) Se prepara la solución de tiosulfato disolviendo 2,32 g de tiosulfato de sodio pentahidratado en 50 mL de agua destilada y llevados hasta 100 mL después de su disolución.

(9) A continuación, se oculta el mensaje pulverizándolo con la solución de tiosulfato.

OBSERVACIONES

Al principio la tinta es vagamente visible pero, en cuanto se seca la suspensión de almidón, se vuelve completamente invisible. Pulverizándola con la solución de yodo/yoduro, el mensaje escrito vuelve a verse con un color azulado. Si entonces se trata con la solución de tiosulfato, el mensaje desaparece de nuevo.

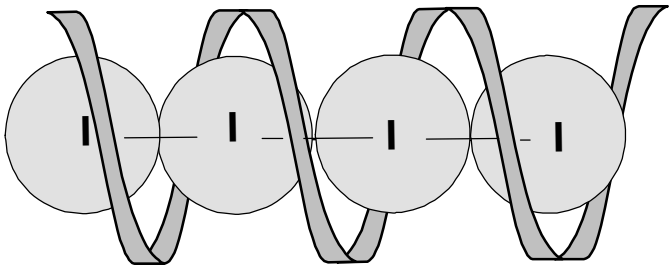
INTERPRETACIÓN

El yodo, por sí mismo, es poco soluble en agua a temperatura ambiente. Sin embargo, puede aumentarse su solubilidad añadiendo cualquier sustancia con iones yoduro -yoduro de potasio en este caso-: las moléculas de I_2 se unen a los iones I^- para formar I_3^-, mucho más soluble en agua y de un color pardo-rojizo.

$$I_2 + KI \rightarrow KI_3$$

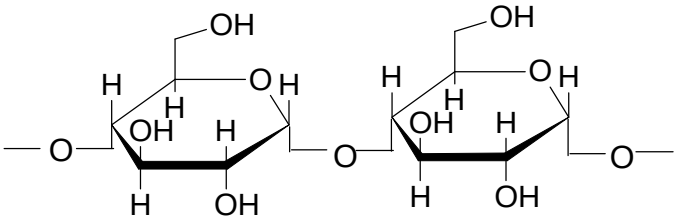
$$(o \quad I_2 + I^- \rightarrow I_3^-)$$

El yodo forma un complejo de color violeta azulado con la amilosa que forma parte del almidón: las moléculas de yodo se insertan en el interior de la hélice que forma la amilosa y se forma el complejo con color.



Molécula de yodo insertada en la hélice de amilosa

La amilosa es una molécula de alto peso molecular formada por una larga cadena de monómeros de glucosa unidas entre sí mediante enlaces α(1,4)-glicosídicos. Además, gracias a los grupos funcionales libres de la glucosa, se establecen otras interacciones entre los distintos monómeros de la cadena haciendo que ésta se repliegue sobre sí misma en forma de hélice.



Dos moléculas de glucosa unidas por enlace α(1,4)-glicosídico, como en la amilosa.

Así pues, cuando el yodo pulverizado sobre el papel escrito se deposita sobre algun punto con almidón, ambas sustancias reaccionan para dar el complejo violeta azulado: el mensaje oculto vuelve a ser leíble.

Evidentemente, para formar el complejo de color violeta azulado es necesario que el yodo esté en forma de I_2. Por tanto, si se lo hace desaparecer haciéndolo reaccionar con otra sustancia que no sea la amilosa, el complejo coloreado se destruirá y el mensaje volverá a ser invisible.

El ión tiosulfato -$S_2O_3^{2-}$- es un reactivo químico capaz de reducir el I_2 a I^-: como el yoduro no es capaz de formar ningún complejo coloreado con el almidón el mensaje escrito desaparece. Cuando el tiosulfato -$S_2O_3^{2-}$- actúa como reductor, se oxida a tetrationato -$S_4O_6^{2-}$-.

RESIDUOS

La solución de almidón puede desecharse vertiéndola por el desagüe.

Mezclar las soluciones de yodo/yoduro de potasio y de tiosulfato de sodio que no hayan sido utilizadas y desecharlas por el desagüe.

TINTAS INVISIBLES Y DOCUMENTOS FALSIFICADOS. EL BOLÍGRAFO DE TINTA INVISIBLE.

CONCEPTOS BÁSICOS

El InkVisible™ es un bolígrafo comercial lleno de tinta invisible en su interior: cuando se escribe con él no se ve lo que se ha escrito, únicamente puede leerse si ilumina con la pequeña lampara de ultravioleta -UV- que se vende con él.

DURACIÓN

1 minuto.

MATERIAL

- InkVisible™ o rotulador ultravioleta edding 8280
- lámpara de UV
- papel para escribir

REACTIVOS

Ninguno

NOTAS DE SEGURIDAD

Ninguna

PROCEDIMIENTO

(1) Se escribe algo en una hoja de papel, o bien con el Inkvisible™, o bien con el edding 8280.
(2) A continuación, se ilumina el papel con la lámpara de UV.

OBSERVACIONES

Inicialmente el mensaje escrito es invisible, pero al iluminar la hoja con luz UV, aparece de un tenue color violeta azulado.

INTERPRETACIÓN

El InkVisible™ contiene una tinta no especificada que no absorbe luz visible y, por ello, cuando se escribe con él, no se ve tinta de ningún color. No obstante, cuando lo que se ha escrito se ilumina con luz UV, las sustancias químicas de la tinta invisible se excitan y emiten luz violeta azulada. Este fenómeno luminoso recibe el nombre de fluorescencia.

RESIDUOS

El InkVisible™, incluye una pequeña lámpara UV, y puede ser adquirido por 10 € en la dirección web http://es.ucables.com/ref/INKVISIBLE.

El rotulador ultravioleta edding 8280 puede ser adquirido en cualquier papelería.

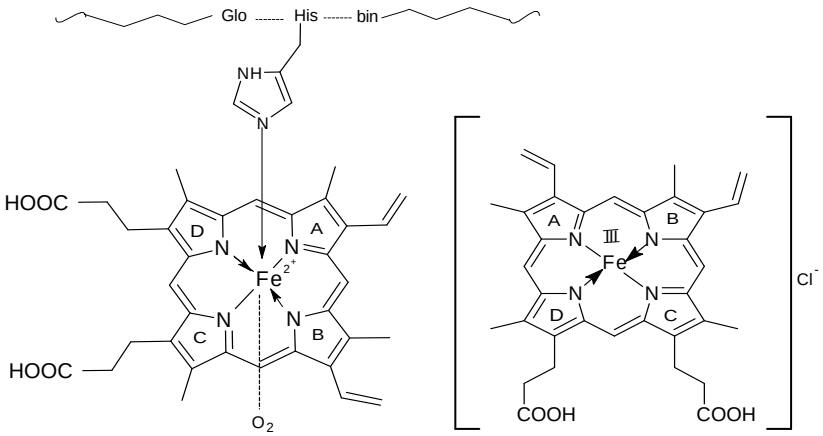
LA SANGRE. DETECCIÓN DE HEMOMOGLOBINA. ENSAYO DE TEICHMANN: ALTERNATIVA 1.

CONCEPTOS BÁSICOS

La hemoglobina es el pigmento de los glóbulos rojos de la sangre. Consiste en cuatro subunidades que a su vez consisten en un complejo entre una unidade de una estructura química conocida como grupo hemo y una proteína conocida como globulina.

El grupo hemo es un complejo que está formado por un anillo de porfirina modificado y un átomo de hierro(II) en su centro que es el responsable del transporte de oxígeno en la sangre: por cada átomo de hierro se puede unir una molécula de oxígeno, sin que el metal cambie de estado de oxidación.

El grupo hemo puede ser fácilmente transformado en hematina oxidando el átomo de hierro(II) a hierro(III). Este es el principio de funcionamiento del ensayo de Teichmann para la detección de hemoglobina, del que existen dos variantes y que puede funcionar incluso con sangre que ya tenga varios siglos de antiguedad.



Hemoglobina Hematina

DURACIÓN

30 minutos.

MATERIAL

- microscopio -500 aumentos-
- Mortero
- mano de mortero
- mechero Bunsen
- pinzas
- cuentagotas

- placas portaobjetos de vidrio
- placas cubreobjetos de vidrio
- espátula

REACTIVOS

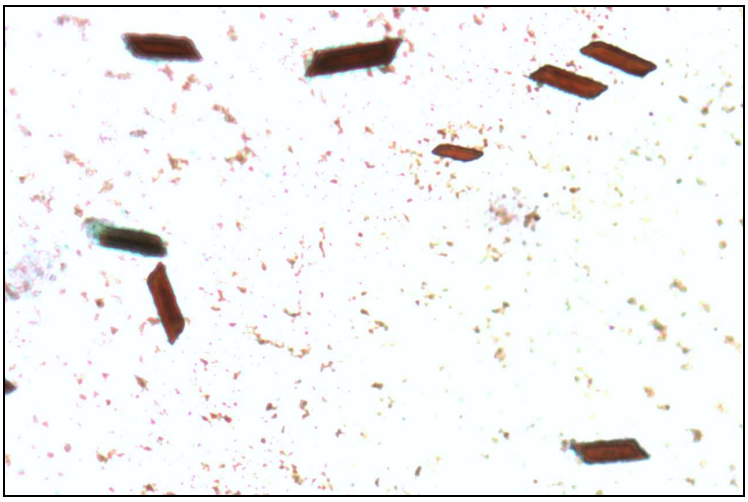
- cloruro de sodio
- ácido acético concentrado
- sangre de cerdo

NOTAS DE SEGURIDAD

- ácido acético -corrosivo, C-

PROCEDIMIENTO

(1) Se deposita una gota de sangre en un portaobjetos.
(2) Se extiende la sangre sobre el portaobjetos con otro portaobjetos.
(3) Se deja secar unos 5 o 10 minutos al aire.
(4) Durante la espera se toma un poco -muy poco- de NaCl y se tritura en el mortero.
(5) Se raspa la sangre seca con otra placa portaobjetos, se transfiere a una que esté limpia y se mezcla con una pizca de NaCl triturado.
(6) A continuación se añaden un par de gotas de ácido acético y se cubre con una placa cubreobjetos.
(7) Se enciende el mechero Bunsen, se toma con las pinzas la placa con la mezcla y se mantiene a la llama hasta que el contenido hierva. ATENCIÓN: pueden romperse los portaobjetos, en ese caso debería empezarse de nuevo todo el proceso.
(8) Después de que la placa portaobjetos se enfríe, puede observarse con el microscopio: deberían ser claramente visibles unos cristales como los de la siguiente imagen.



160 aumentos, microscopio óptico (fuente: lfbz Chemie Frankfurt/M.)

(9) Para conseguir una imagen nítida es aconsejable comenzar con pocos aumentos e ir incrementando la ampliación poco a poco; en ocasiones puede ser necesario repetir el proceso de ampliación con lentes de mayor número de aumentos.

OBSERVACIONES

Con el microscopio es posible observar unos cristales grandes que corresponden al NaCl que no se ha disuelto y que, por tanto, no ha reaccionado. Únicamente con un mayor número de aumentos pueden distinguirse entre otros cristales mucho menores, más delgados, con forma de aguja y de color parduzco.

INTERPRETACIÓN

Esos cristales más pequeños corresponden al cloruro de hematina y se conocen como cristales de Teichmann. Su presencia indica que la muestra inicial contenía hemoglobina.

RESIDUOS

Los portaobjetos pueden desecharse como cualquier otro residuo doméstico.

NOTA

- si fuera necesario, se puede realizar el experimento sin necesidad de emplear placas cubreobjetos ni de más de una placa portaobjetos.
- el exceso de NaCl puede enmascarar los cristales de hematina.
- a causa de la viscosidad de la sangre, su ebullición puede demorarse unos instantes más de lo esperado, tras los que hierve de manera violenta. Se recomienda usar **gafas** de seguridad.
- las placas portaobjetos no están pensadas para soportar grandes temperaturas por lo que pueden romperse violentamente. Se recomienda usar **gafas** de seguridad.
- tras calentarlas a la llama, las placas portaobjetos pueden quedar cubiertas de hollín.

LA SANGRE. DETECCIÓN DE HEMOMOGLOBINA. ENSAYO DE TEICHMANN: ALTERNATIVA 2.

DURACIÓN 20 minutos.

MATERIAL

- microscopio -500 aumentos-
- Mortero
- mano de mortero
- mechero Bunsen
- pinzas
- cuentagotas
- placas portaobjetos de vidrio
- placas cubreobjetos de vidrio
- espátula
- 1 probeta de 10 mL
- tubos de ensayo
- gradilla de tubos de ensayo

REACTIVOS

- cloruro de sodio
- ácido acético concentrado
- sangre de cerdo

NOTAS DE SEGURIDAD

- ácido acético -corrosivo, C-

PROCEDIMIENTO

(1) Se ponen 2 mL de sangre en un tubo de ensayo con un pellizco de NaCl triturado y 3 o 4 gotas de ácido acético concentrado.

(2) Se agita vigorosamente el tubo de ensayo y se hierve con precaución sobre la llama azul del mechero el tiempo necesario para reducir el volumen a 1/3 del original.

(3) Una vez se ha enfriado la solución, se pone una gota en una placa portaobjetos y se extiende bien sobre ella.

(4) Se deja secar la sangre. Si tarda mucho puede secarse sobre la llama del mechero.

(5) Ya puede examinarse la sangre al microscopio: deberían ser claramente visibles unos cristales similares a los de la imagen de la alternativa 1.

(6) Para conseguir una imagen nítida es aconsejable comenzar con pocos aumentos e ir incrementando la ampliación poco a poco; en ocasiones puede ser necesario repetir el proceso de ampliación con lentes de mayor número de aumentos.

OBSERVACIONES

En este caso también se observan cristales de NaCl, pero menos que en la alternativa 1. Entre estos cristales destacan unos de color marrón, de forma rómbica y cuya superficie es azulada: son los cristales de hematina, que son mayores y más fáciles de identificar que en la alternativa 1, a pesar de haber menos.

INTERPRETACIÓN

Esos cristales más pequeños corresponden al cloruro de hematina y se conocen como cristales de Teichmann. Su presencia indica que la muestra inicial contenía hemoglobina.

RESIDUOS

Los portaobjetos pueden desecharse como cualquier otro residuo doméstico.

NOTA

- el exceso de NaCl puede enmascarar los cristales de hematina.
- a causa de la viscosidad de la sangre, su ebullición puede demorarse unos instantes más de lo esperado, tras los que hierve de manera violenta. Se recomienda usar **gafas** de seguridad.
- las placas portaobjetos no están pensadas para soportar grandes temperaturas por lo que pueden romperse violentamente. Se recomienda usar **gafas** de seguridad.
- tras calentarlas a la llama, las placas portaobjetos pueden quedar cubiertas de hollín.

LA SANGRE. DETECCIÓN DE RASTROS CON LUMINOL.

CONCEPTOS BÁSICOS

La detección de rastros de sangre con luminol -en forma de solución acuosa- es un método muy seguro y fiable aunque los rastros sean minúsculos e invisibles.

En presencia de algunos componentes de la sangre, el luminol reacciona con el peróxido de hidrógeno transformando la energía química de los reactivos en energía electrónica que es liberada como luz visible, un fenómeno que se conoce con el nombre de quimioluminiscencia.

DURACIÓN

30 minutos.

MATERIAL

- 1 vaso de precipitados de 100 mL
- 1 vaso de precipitados de 250 mL
- flasco lavador
- dos tiras de algodón
- 1 probeta de 10 mL
- espátula
- balanza
- pipetas desechables
- guantes desechables

REACTIVOS

- luminol (5-amino-2,3-dihidroftalazin-1,4-diona)
- carbonato de sodio
- peróxido de hidrógeno 30% -peso/peso-
- sangre de cerdo
- ketchup

NOTAS DE SEGURIDAD

- peróxido de hidrógeno -cáustico, C-
- carbonato de sodio -irritante, Xi-

PROCEDIMIENTO

Preparación de la solución de luminol.

(1) En un vaso de precipitados de 250 mL se disuelven 0,1 g de luminol y 5 g de carbonato potásico en 100 mL de agua destilada.
(2) A continuación se añaden 15 mL de peróxido de hidrógeno.
(3) Se agita bien para disolver al máximo los sólidos.
(4) Para eliminar todo el material que no se haya disuelto, se decanta la solución en un frasco lavador.

Preparación de las muestras.

(7) Se empapan sendas tiras de algodón con unas pocas gotas de ketchup y de sangre de cerdo.

Revelado de las muestras con solución de luminol.

(8) En una habitación oscura, se mojan cada una de las tiras de algodó con unas pocas gotas de la solución de luminol.

(9) Se observa atentamente la aparición de algún rastro de luz.

(10) En caso que no se observara nada, deben volverse a preparar las tiras de algodón.

OBSERVACIONES

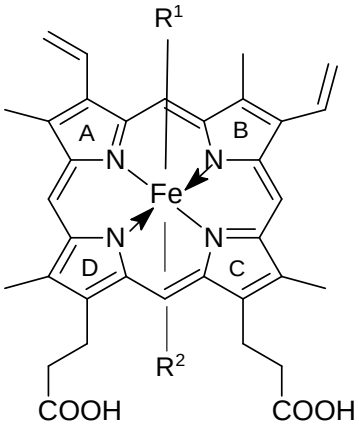
Tras mojar con solución de luminol la tira de algodón impregnada con sangre, aparece un breve resplandor que puede hacerse reaparecer tantas veces como se desee volviendo a mojar el algodón con la solución de luminol.

Por el contrario el algodón impregnado con ketchup no muestra ninguna respuesta al mojarlo con la solución de luminol.

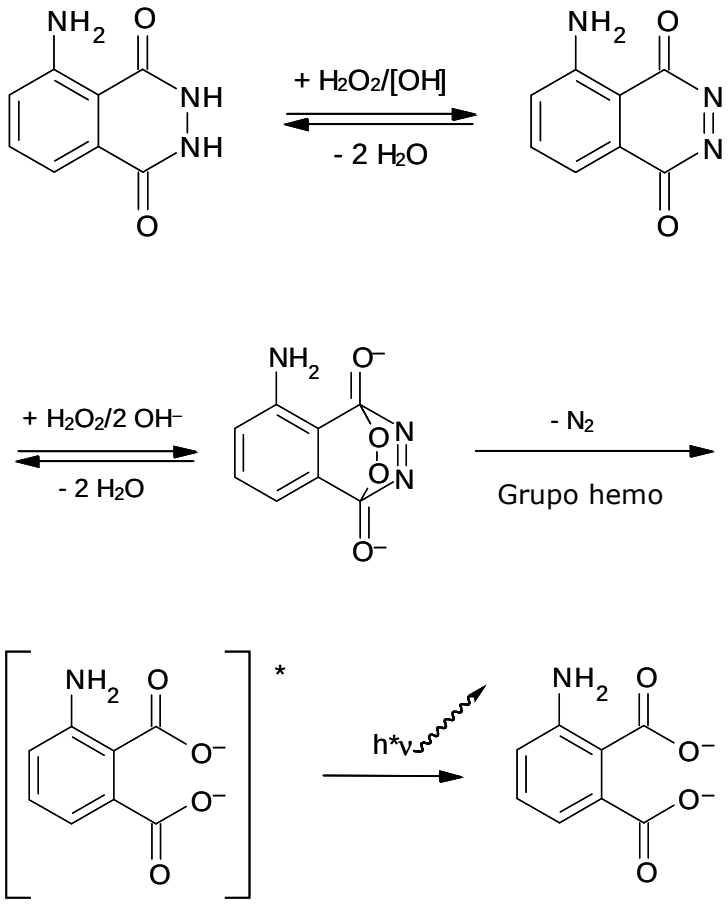
INTERPRETACIÓN

El luminol se oxida a diazaquinona y, posteriormente, a un peroxodianión por acción del peróxido de hidrógeno en medio básico.

Mediante la catálisis del átomo de hierro(II) presente en el grupo hemo de la hemoglobina se desprende nitrógeno y se forma el ácido aminoftálico en un estado excitado, que a continuación se relaja emitiendo la energía sobrante en forma de luz visible.



Grupo hemo: complejo entre un anillo de protoporfirina y un átomo de hierro(II).



Reacción del luminol con agua oxigenada catalizada por el grupo hemo de la hemoglobina la sangre.

RESIDUOS

Los restos de solución de luminol se neutralizan con ácido clorhídrico diluido y se desechan vertiéndolos por el desagüe.

Traducción y adaptación realizada por:

Iñaki Galve,
Jordi Cuadros,
Merche Manresa,

a partir de la traducción inglesa del documento original en alemán, en Barcelona en el mes de mayo de 2009.

Esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/ o envie una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.