



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
DE MADRID  
E.T.S. INGENIEROS DE MINAS



Departamento de Ingeniería Química y Combustibles

---

# PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE QUÍMICA FÍSICA

Ángel Cámara Rascón  
Javier García Torrent  
Enrique Querol Aragón

Madrid, 2006



# ÍNDICE

Introducción

Práctica N° 1: Química de superficies. Medida de la tensión superficial.

Práctica N° 2: Cinética química. Polarimetría.

Práctica N° 3: Electroquímica. Depósitos metálicos.

Ed2006\_00021\_v01.doc

## **INTRODUCCIÓN**

### **ADVERTENCIAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS**

El consejo más amplio y por tanto el de aplicación más general que debe darse para la realización de las prácticas de laboratorio es el de que hay que proceder con el mayor cuidado y esmero en todas y cada una de las operaciones que lleva consigo la práctica en la que se trabaja. El mayor tiempo empleado en efectuar una medida cuidadosamente, evitará el tener que repetirla si se ha procedido con ligereza, economizando por consiguiente tiempo. Por otra parte es más eficaz, de cara a la exactitud de los resultados, realizar un pequeño número de medidas fiables que un gran número de medidas sin ningún convencimiento.

Antes de realizar cualquier trabajo o manipulación deberá leerse detenidamente el guión correspondiente. El trabajo debe comenzarse sin dudas, que ocasionarían interrupciones con la consiguiente pérdida de tiempo. Las distintas operaciones y pasos a lo largo de la práctica deben examinarse de antemano para no tener que improvisar en algún momento determinado con el consiguiente peligro que ésto entrañaría en los resultados finales.

Con anterioridad a la manipulación de un aparato debe examinarse el modo de ponerlo en disposición de funcionar así como su sensibilidad y la extensión de sus aplicaciones. Así, si se trata de una balanza, se comienza por observar cómo se pone en funcionamiento, cuál es su sensibilidad y la máxima carga que puede soportar en su plato; si se va a trabajar con un amperímetro, se observarán los bornes de conexión con sus signos, el valor de una división de la escala y la amplitud de ésta; al examinar un reostato convendrá fijarse en el valor de la resistencia y en la intensidad máxima de corriente admisible; en los aparatos dotados con un nonius convendrá fijarse en las divisiones **a** de la escala principal y en las **a'** de la escala móvil para aplicar la relación de los nonius

$$na' = (n - 1) a$$

donde **n** es un número entero; al emplear un cronómetro conviene comprobarlo antes de su utilización, con el reloj de pulsera, etc.

Antes de montar un circuito eléctrico se estudiará su esquema con todo detenimiento, conectando el manantial de energía al final y con el interruptor abierto. Una vez conectado deberán observarse todos los instrumentos del circuito, cerciorándose de que no hay ninguna anomalía, cortando inmediatamente la corriente en caso contrario. Las pilas secas deben protegerse de cualquier sobrecarga y la corriente que suministran debe utilizarse únicamente para hacer la medida correspondiente. Las clavijas de las cajas de resistencias y los enchufes de todo el circuito deberán tener buenos contactos, apretándolos suavemente para que esto ocurra. Para desenchufar los cables de las instalaciones eléctricas no se debe tirar del hilo sino de la clavija.

En general deberá procederse con gran cuidado en el manejo de instrumentos y materiales frágiles para evitar roturas. Así, para manipular una llave de vidrio deben utilizarse siempre las dos manos; con una se sujeta la hembra y con la otra se hace girar el macho.

Las notas que se tomen en el cuaderno de prácticas han de ser claras y ordenadas con el fin de poder repasar los cálculos y el proceso si se sospecha que se ha cometido algún error.

Las representaciones gráficas en papel milimetrado o logarítmico deberán hacerse con gran cuidado dibujando las líneas con trazo fino para evitar errores de lectura. Es muy conveniente pensar en las escalas que hay que tomar para que todos los puntos representativos de las distintas mediciones queden representados y las curvas no tengan grandes o pequeñas pendientes.

Las medidas deben hacerse con tranquilidad, sin prisas ni impacencias. Si es posible, se realizarán en varios puntos de la escala con el fin de no predisponerse al repetirlas en el mismo lugar de la escala.

Ed2006\_00111\_v01.doc

## **PRÁCTICA N° 1: QUÍMICA DE SUPERFICIES. MEDIDA DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL**

### **OBJETIVO DE LA PRÁCTICA.**

Se trata de determinar la tensión superficial de varios líquidos por el método de la elevación del líquido por el interior de un capilar.

### **TEORÍA.**

Se llama tensión superficial  $\gamma$  a la entalpía libre por unidad de área de la fase superficial. Esta tensión superficial es la que da origen a la superficie de separación de la fase líquida con la fase vapor.

La variación de entalpía libre  $G$  de un sistema líquido, al variar la temperatura  $T$ , la presión  $p$ , el número de moles  $n$  contenidos en la fase superficial y el área  $A$  de esta fase viene expresada por:

$$dG = -S dT + V dp + \mu dn + \gamma dA \quad (1.1)$$

Si suponemos  $T$ ,  $p$  y  $n$  constantes, esta variación será:

$$dG = \gamma dA \quad (1.2)$$

y, en consecuencia,

$$G = \gamma A \quad (1.3)$$

Cuando introducimos un capilar en un líquido, de los que mojan las paredes del tubo, se observa un ascenso del líquido por el interior del capilar. Este ascenso se explica porque las paredes del capilar absorben una delgada capa del líquido, con lo que el sistema líquido, al aumentar su superficie, aumenta su entalpía libre  $G$ . Puesto que el sistema evoluciona por sí mismo a  $T$  y  $p$  constantes, sólo serán posibles las transformaciones que no hagan aumentar su entalpía libre. El sistema se encontrará en equilibrio cuando su entalpía libre  $G$  sea mínima. Para que  $G$  sea mínima, debe reducirse la superficie  $A$  del líquido y para reducir esta superficie, el líquido ascenderá por el capilar.

Después del ascenso del líquido se produce una disminución en la entalpía libre  $G$  del sistema, que deberá ser igual al trabajo realizado en contra de la fuerza de gravedad para elevar el líquido. El cambio en la entalpía libre superficial será:

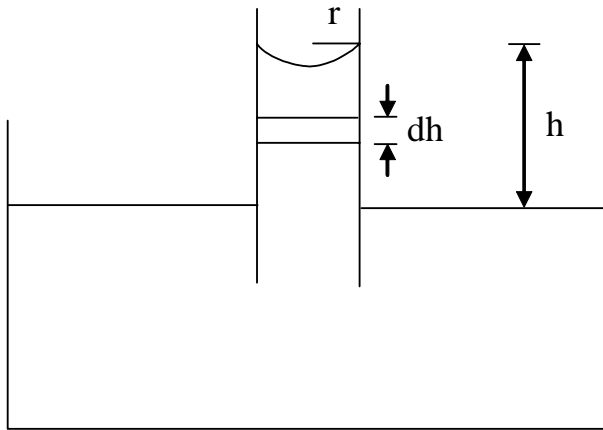


Figura 1

$$dG = \gamma dA = \gamma 2 \pi r dh \quad (1.4)$$

y el trabajo por ascenso del líquido vendrá dado por:

$$dW = \pi r^2 h dh \rho g \quad (1.5)$$

donde  $\rho$  designa la densidad del líquido y  $g$  la aceleración de la gravedad.

Igualando ambas magnitudes

$$\gamma 2 \pi r dh = \pi r^2 h dh \rho g \quad (1.6)$$

con lo que será

$$\gamma = \frac{1}{2} r g \rho h \quad (1.7)$$

fórmula que nos permitirá determinar el valor de  $\gamma$  para un líquido de densidad  $\rho$  conocida midiendo la altura  $h$  a la que asciende por el interior de un capilar de radio  $r$ .

### MODO DE OPERAR.

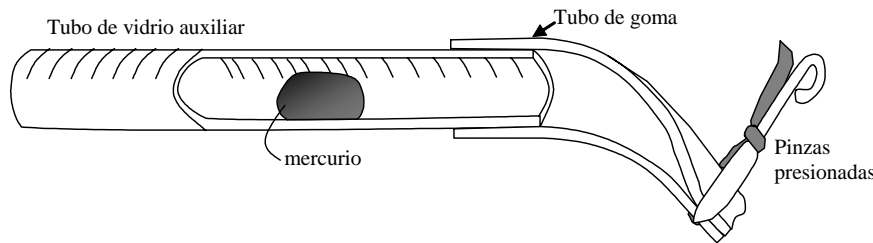
#### A) Materiales necesarios.

Tubo capilar milimetrado.- Balanza de precisión.- Vidrio de reloj o pesasustancias.-  
Tubo soporte de capilar.- Soporte.- Nudetes.- Tubo auxiliar.- Goma y pinzas.- Regla  
graduada.- Secador eléctrico.- Papel de filtro.

Reactivos: Mercurio.- Ácido acético glaciado ( $\rho = 1,049 \text{ g cm}^{-3}$ ).- Anilina  
( $\rho = 1,022 \text{ g cm}^{-3}$ ).- Benceno ( $\rho = 0,884 \text{ g cm}^{-3}$ ).- Agua destilada ( $\rho = 1,000 \text{ g cm}^{-3}$ ).-

**B) Determinación del radio r del capilar.**

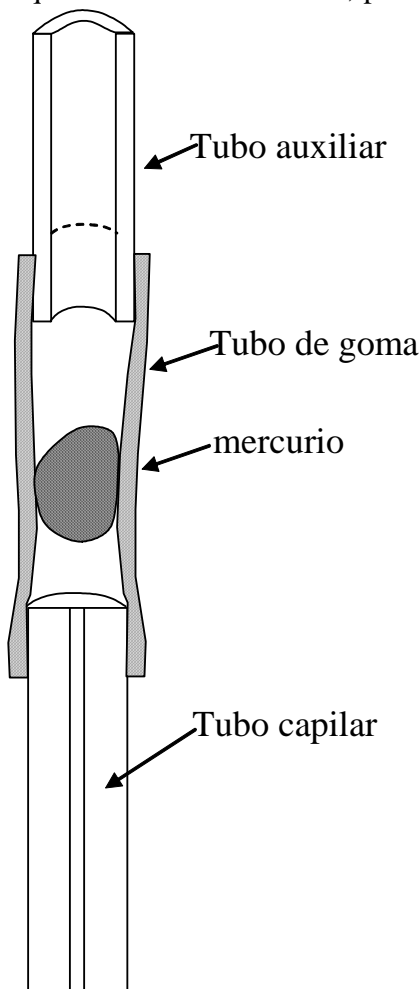
El tubo capilar debe estar bien limpio, para lo cual se lava bien con agua destilada y se enjuaga después con alcohol o acetona, secándolo con el secador eléctrico de aire caliente.



**Figura 2**

A continuación se introduce en el capilar una gota de mercurio valiéndose del tubo auxiliar, la goma y las pinzas (figuras 2 y 3) hasta formar un filete de mercurio

en el interior del capilar de algunos centímetros de longitud. Debe hacerse la observación de que el mercurio es tóxico, por lo que deberán desprenderse las gotitas del tubo auxiliar de vidrio antes de soplar por él para introducir la gota de mercurio en el capilar de vidrio (figura 3). Se medirá después la longitud **L** del filete de mercurio en el interior del capilar con la regla graduada. Para comprobar si el capilar es homogéneo, se coloca el filete en diferentes posiciones dentro del capilar, midiendo las longitudes para cada posición. Si no hay discrepancias considerables, se tomará la media.



**Figura 3**

El volumen del filete de mercurio será:

$$V = \pi r^2 L \tag{1.8}$$

y su masa

$$M = V \cdot d \tag{1.9}$$

siendo **d** la densidad del mercurio. Ésta depende de la temperatura, de forma que la variación de la densidad del mercurio con la temperatura viene dada por la expresión:

$$d = \frac{13,596}{1 + 0,00018 \cdot t} = 13,596(1 - 0,00018 \cdot t) \tag{1.10}$$

siendo **t** la temperatura expresada en grados centígrados y 0,00018 el coeficiente de dilatación del mercurio.



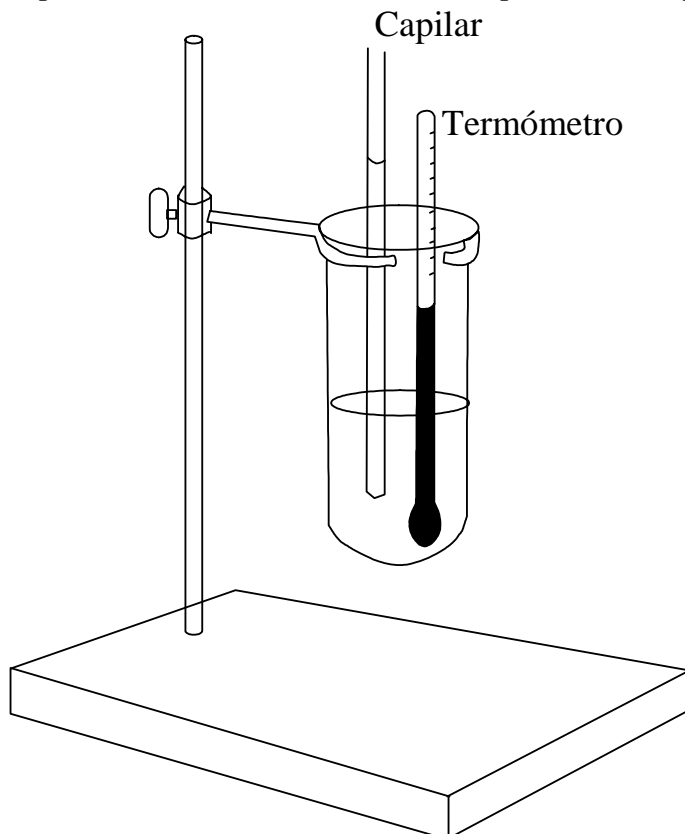
La masa del filete de mercurio se determina pesando este mercurio en la balanza de precisión, con lo que el radio del capilar vendrá dado por la expresión:

$$r = \sqrt{\frac{M}{\pi L d}} \quad (1.11)$$

### C) Determinación de la tensión superficial del ácido acético, la anilina y el benceno.

El tubo del capilar debe estar bien limpio para lo que se hará la operación de enjuague y secado descrita anteriormente. La misma operación será necesaria para el tubo soporte del capilar.

Se llena hasta su mitad el tubo soporte del capilar del líquido problema y se introduce en él, verticalmente, el capilar. Se observará un ascenso del líquido por el interior del capilar. Cuando el nivel del líquido en él permanece constante, se mide la altura  $h$  de la columna del líquido. Este dato, juntamente con el valor  $r$  del radio del capilar, nos dará mediante la expresión (1.7) el valor de la tensión superficial del líquido problema.



Estas operaciones se repetirán para cada uno de los cuatro líquidos problema, cuya tensión superficial queremos calcular. Deberá consignarse la temperatura a la que se ha realizado el experimento, dada la dependencia existente entre tensión superficial y temperatura.

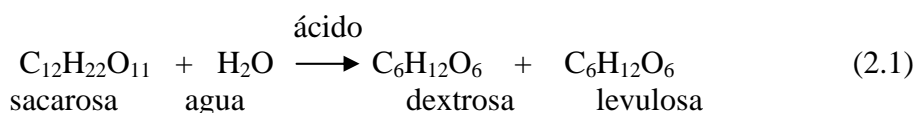
Figura 4

Ed2006\_00211\_v01.doc

## **PRÁCTICA Nº 2: CINÉTICA QUÍMICA. POLARIMETRÍA**

### **OBJETIVO DE LA PRÁCTICA.**

El objeto de la práctica es estudiar la cinética de la siguiente reacción:



dibujando la recta representativa de esta reacción de primer orden y hallando su constante de velocidad.

### **TEORÍA.**

La cinética química busca determinar la composición de un sistema en función del tiempo. El análisis químico resulta lento para la rapidez de estos fenómenos, por lo que se acude a métodos físicos, más rápidos, entre los cuales está la polarimetría.

Muchas sustancias transparentes que tienen una falta de simetría en su estructura cristalina, tienen la propiedad de girar el plano de luz polarizada. Se dice de ellas que son *ópticamente activas*. Las más conocidas son el cuarzo y los azúcares.

La luz ordinaria vibra en todas las direcciones perpendiculares a su eje de propagación. Cuando la luz incide con un cierto ángulo sobre la superficie de un espejo, la luz que resulta reflejada tiene unas propiedades que corresponden a las de una onda electromagnética cuyas crestas y valles están contenidas en un plano único. Una luz que tenga esta propiedad de vibrar en un solo plano se denomina luz polarizada. Se puede obtener luz polarizada cuando un rayo de luz atraviesa un cristal de espato de Islandia (carbonato cálcico cristalino transparente). Un prisma de Nicol es un artificio óptico que proporciona luz polarizada según un único plano.

Cuando la luz polarizada incide sobre una sustancia ópticamente activa, el plano de polarización resulta girado. El ángulo de giro para un compuesto determinado depende de la concentración de dicho compuesto, en el caso de estar en disolución, de la longitud de onda de la radiación empleada y de la temperatura. El giro puede ser hacia la derecha (*dextrógiro*) o hacia la izquierda (*levógiro*).

Como la velocidad de reacción depende fuertemente de la temperatura (la constante de velocidad está ligada con la temperatura por la ecuación de Arrhenius:  $k_r = A e^{-\frac{U_a}{RT}}$ ) la reacción de inversión de la sacarosa deberá estudiarse a temperatura constante. A veces se utiliza la corrección a 20 °C mediante la fórmula

$$\phi^{20} = \phi^t [1 + 0,003(t - 20)] \quad (2.2)$$

La reacción objeto de estudio es de primer orden. Su ecuación diferencial será:

$$-\frac{d(a-x)}{dt} = k(a-x) \quad (2.3)$$

donde **a** es la concentración inicial de sacarosa y **x** es la disminución de la concentración transcurrido un tiempo **t**.

Integrada la ecuación diferencial entre el instante inicial **t = 0**, **x = 0** y el instante **t** tendremos:

$$\ln \frac{a}{a-x} = k \cdot t \quad (2.4)$$

es decir,

$$\ln \frac{a}{c} = k \cdot t \quad (2.5)$$

donde **c = a - x** es la concentración de sacarosa en el instante **t**.

Puede demostrarse que, si no existen impurezas ópticamente activas en el sistema compuesto por la sacarosa + dextrosa + levulosa, la concentración inicial **a** de sacarosa es proporcional a la diferencia  $\phi_0 - \phi_f$  entre los ángulos de rotación inicial y final y la concentración **c** al cabo de un tiempo **t** es proporcional a la diferencia  $\phi_t - \phi_f$  entre los ángulos de rotación en el tiempo **t** y el ángulo final.

La ecuación (2.5) se transformará en:

$$\ln \frac{\phi_0 - \phi_f}{\phi_t - \phi_f} = kt \quad (2.6)$$

que es la que se utilizará para estudiar la cinética de esta reacción.

Teóricamente, preparando una disolución de 26 g de sacarosa pura en 100 ml de agua a 20 °C, su ángulo de rotación es 66,53 °. En el punto final de la reacción, la dextrosa daría un ángulo de rotación de 52,7 ° y la levulosa uno de -92,4 °, con lo que el ángulo final debe ser negativo.

### **MODO DE OPERAR.**

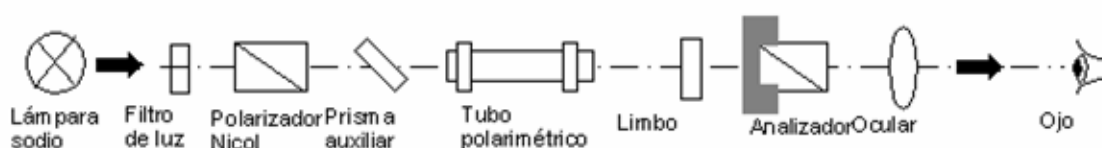
#### **A) Materiales necesarios.**

Polarímetro con sus accesorios.- 2 matraces.- Pipeta.- 2 frascos con tapón de vidrio esmerilado de 200 ml.

Reactivos: Sacarosa.- Agua destilada.- Ácido clorhídrico concentrado.

#### **B) Descripción y manejo de los aparatos.**

El polarímetro consta básicamente de dos elementos polarizantes, uno de los cuales es fijo y el otro gira montado en una escala graduada que permite medir su orientación respecto al primero. La luz monocromática de la lámpara de sodio (Figura 1) entra paralela al eje del aparato a través de un colimador y es polarizada por un prisma de Nicol. Existe un prisma auxiliar dispuesto de tal forma que intercepta la mitad del rayo de luz. La radiación pasa después a través de la muestra contenida en un tubo de vidrio de unos 20 cm de longitud; posteriormente atraviesa el otro prisma de Nicol (analizador) y de él va al ocular.



**Figura 1**

Cuando los planos de polarización de los dos prismas de Nicol son perpendiculares, no se ve luz por el ocular. El prisma auxiliar antes mencionado divide el campo de visión en dos porciones semicirculares iguales (Figura 2).

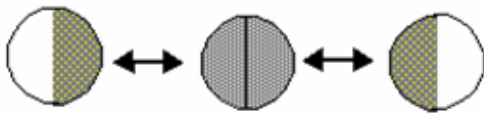


Figura 2

La posición de equilibrio se alcanza girando la escala; entonces, una mitad reduce su intensidad luminosa y la otra la aumenta hasta que se consigue que las dos mitades tengan la misma intensidad de luz. Al introducir una sustancia ópticamente

activa entre los dos prismas de Nicol (polarizador y analizador) se deshace el equilibrio y es necesario mover la escala para restablecerlo. El movimiento de la escala nos da una medida directa de la actividad óptica de la sustancia.

Para manejar el polarímetro se sitúa el aparato sobre una mesa con el analizador frente al operador. Se coloca la lámpara de sodio en la base del instrumento con su luz centrada con el eje y se conecta. Se enfoca el ocular (1) (Figura 3), observando la escala, se gira la rueda de control (2) hasta que se lea 0 en la parte superior de la escala. Sin tocar esta rueda (2), se observa por el ocular de campo (3), enfocando para obtener un disco

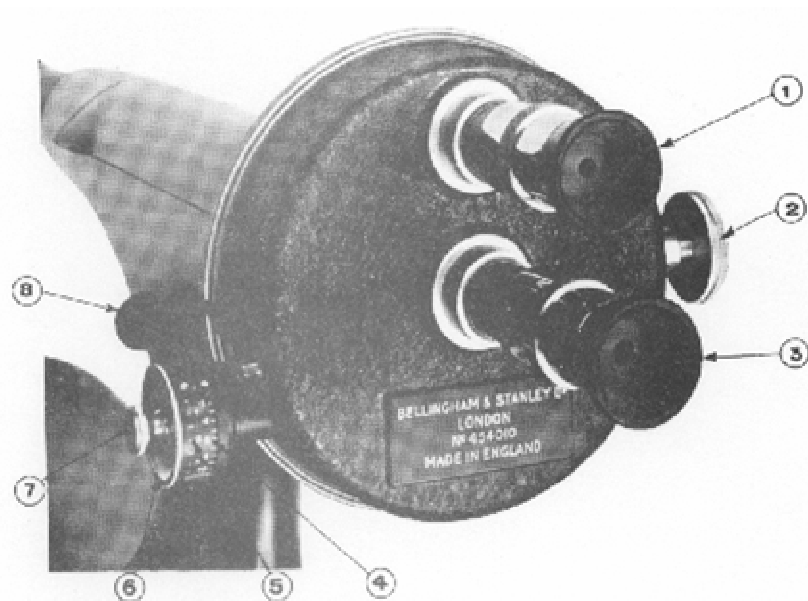


Figura 3

circular de luz. Por medio de la rueda de control (2), se mueve la escala unos pocos grados de la primitiva posición, observando el efecto sobre el ocular de campo. Se observará que el campo se divide en dos mitades rápidamente, que cambian en intensidad cuando se mueve la rueda de control y que para una posición determinada de esta rueda, las dos mitades tienen la misma intensidad de luz. Esta es la posición de equilibrio que hay que usar para todas las medidas. Se observará que puede obtenerse una posición de equilibrio a  $0^\circ$  y otra a  $180^\circ$ . Una y otra posición,  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , pueden utilizarse para realizar las medidas en la escala, aunque es preferible usar el equilibrio a  $0^\circ$ . A  $90^\circ$  y a  $270^\circ$  las dos mitades del campo están fuertemente iluminadas y con la misma intensidad. Sin embargo, la sensibilidad es baja y no deben usarse para realizar medidas.

Para eliminar posibles errores es preferible hacer primero una medida con el tubo lleno con el disolvente (agua en el caso de disoluciones acuosas): Es preciso asegurarse de que no haya burbujas de aire en el tubo del polarímetro. Se observa el ocular de campo (3), volviendo a enfocar si es necesario. Se ajusta el analizador por medio de la rueda de control (2), para equilibrar exactamente las dos mitades del campo. Se mide en la escala de lectura. Se saca el tubo y se vacía. Después se llena con la muestra que quiere medirse y se vuelve a poner en su sitio. El campo que se observa por el ocular (3) no está equilibrado y debe ajustarse con la rueda de control (2) para obtener un equilibrio luminoso entre sus dos mitades. La rotación de la muestra será la diferencia entre las dos medidas.

La escala que se ve por el ocular (1) está dividida en grados, desde  $0^\circ$  hasta  $360^\circ$ . Debajo de la escala principal está la Escala Internacional de Azúcares (I.S.S.), que puede usarse directamente en las medidas de disoluciones de azúcar.

El micrómetro se emplea para subdividir las escalas angular e I.S.S. y consta de dos escalas: la correspondiente a la escala angular, situada a la izquierda (5) y subdividida en intervalos de  $0,05^\circ$ , y la correspondiente a la I.S.S., situada a la derecha (4) y subdividida en intervalos de  $0,1^\circ$ . El índice marcador está en la parte superior de ambas escalas. Puede observarse que el movimiento del micrómetro de 0 a 1 corresponde a una división de cada una de las dos escalas (angular e I.S.S.). Si al hacer una medida se consigue el equilibrio en el ocular de campo (2) sin que la línea índice coincida exactamente con una división de las escalas, es entonces preciso emplear el micrómetro hasta conseguir que la línea índice coincida exactamente con una división de la escala. La lectura correcta es la de la escala principal más la que indica la escala correspondiente del micrómetro.

Para obtener medidas exactas es preciso tener cuidado en llenar el tubo y asegurarse de que no hay filtraciones de luz por ninguna rendija. Las dos tapas del tubo deben limpiarse y secarse cuidadosamente.

### **C) Determinación de la constante de velocidad de la reacción.**

Se parte de una muestra de 100 ml, disolviendo 20 g de sacarosa en agua destilada. Se llena el tubo y se coloca el mismo en el polarímetro, leyéndose a continuación el ángulo de rotación  $\phi_0$  correspondiente a esta disolución.

Una vez medido ese ángulo, esta disolución se elimina y se prepara una nueva igual que la anterior, pero conteniendo 10 ml de HCl concentrado. Éste actúa como catalizador de la reacción de inversión de la sacarosa y comenzará a surtir efecto en el preciso momento en el que entre en contacto con la disolución, motivo por el cual tomaremos ese instante como tiempo inicial  $t = 0$ . De la misma forma anteriormente descrita, se sitúa el tubo en el polarímetro y se lee el ángulo de giro correspondiente a distintos instantes: se realizarán lecturas sucesivas para 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 minutos. Hay que tener en cuenta que el tiempo que tarda la reacción de inversión en llegar al equilibrio es de unas 24 horas a 20 °C y de unas 10 horas a 25 °C. A una temperatura de 70 °C la inversión tendría lugar en unos 10 minutos.

A temperatura ambiente deberemos esperar al menos un día para que la reacción llegue al equilibrio y el ángulo de rotación permanezca invariable; entonces se tomará la última lectura que corresponderá a  $\phi_f$ .

Representando  $\ln [ (\phi_o - \phi_f) / (\phi_t - \phi_f) ]$  en función del tiempo  $t$  en un diagrama cartesiano, podremos determinar por ajuste la recta representativa de la evolución de la reacción, cuya pendiente será la constante de velocidad de dicha reacción.

Debe tenerse presente que el ángulo de giro depende de la concentración, y al añadir HCl (disolución de ácido clorhídrico) una parte importante de los 10 ml será agua, con lo que habrá que hacer la corrección de concentración calculando previamente el agua contenida en los 10 ml de disolución de HCl concentrado.

Ed2006\_00311\_v01.doc

## PRÁCTICA Nº 3: ELECTROQUÍMICA. DEPÓSITOS METÁLICOS

### OBJETIVO DE LA PRÁCTICA.

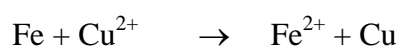
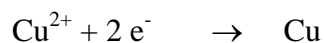
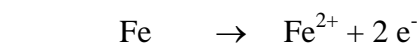
El objeto de la práctica es estudiar la deposición de cobre procedente de una disolución electrolítica sobre una lámina metálica de hierro, determinando cuantitativamente la cantidad depositada.

### TEORÍA.

Al introducir un trozo de un metal  $M_1$  en una disolución que contiene iones de otro elemento metálico  $M_2$ , en ocasiones sucede que el metal  $M_1$  introducido se disuelve, mientras que el metal de la disolución  $M_2$  se deposita a partir de sus iones.

Cuando esto ocurre, se suele decir que el metal  $M_1$  reemplaza al  $M_2$  de la disolución. Si se invierten los metales, de forma que se introduce metal  $M_2$  en una disolución de iones  $M_1$  el fenómeno anterior no se produce. Realizando experimentos de este tipo es posible ordenar los distintos metales en una tabla según su capacidad de reemplazar a otros metales, es decir, mediante su potencial de reducción. El metal con el máximo poder reductor ocupará el primer lugar de la tabla y será capaz de reducir los iones de todos los restantes metales (ver tabla 3.1).

De esta forma, si introducimos una pequeña lámina de hierro en una disolución que contenga iones de cobre (por ejemplo, una sal de cobre), se disolverá el hierro en la disolución (desplaza al cobre) y se depositará una capa de cobre metálico sobre el hierro:





Teniendo en cuenta que en esta reacción de intercambio iónico los coeficientes estequiométricos son la unidad, la sustitución se producirá mol a mol, de manera que, conociendo los pesos moleculares de los metales que intercambian iones (el peso molecular del hierro es 55,847 y el del cobre es 63,546), es posible conocer cuánta cantidad de metal se ha depositado (Cu en nuestro caso, que sustituye al Fe), puesto que esa cantidad será proporcional a la diferencia de pesos de la lámina metálica antes y después del intercambio con la disolución.

**Tabla 3.1. Potenciales de reducción normales a 25°C**

<u>Electrodo</u>	<u>Reacción</u>	<u>e°(v)</u>
Li*Li <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Li	-3,045
K*K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ K	-2,925
Ca*Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Ca	-2,870
Na*Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Na	-2,714
Mg*Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Mg	-2,370
Al*Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> ⇌ Al	-1,660
Pt, H <sub>2</sub> *OH <sup>-</sup>	2H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> + 2OH <sup>-</sup>	-0,828
Zn*Zn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Zn	-0,763
Fe*Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Fe	-0,440
Cd*Cd <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Cd	-0,403
Sn*Sn <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Sn	-0,136
Pb*Pb <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Pb	-0,126
Fe*Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup> ⇌ Fe	-0,036
Pt, H <sub>2</sub> *H <sup>+</sup>	2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub>	0,000
Ag, AgCl*Cl <sup>-</sup>	AgCl + e <sup>-</sup> ⇌ Ag + Cl <sup>-</sup>	0,222
Cu*Cu <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Cu	0,337
Cu*Cu <sup>+</sup>	Cu <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Cu	0,521
Ag*Ag <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> ⇌ Ag	0,799
Hg*Hg <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ Hg	0,854
Pt, O <sub>2</sub> *H <sup>+</sup>	1/2 O <sub>2</sub> + 2H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> ⇌ H <sub>2</sub> O	1,230
Pt, Cl <sub>2</sub> *Cl <sup>-</sup>	Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> ⇌ 2Cl <sup>-</sup>	1,360

**MODO DE OPERAR.****A) Materiales necesarios.**

2 Vasos de precipitados.- Vidrio de reloj.- Pinzas.- Balanza de precisión.- Secador eléctrico.- Papel de lija.

Reactivos: Trozos de hierro.- Disolución de sulfato de cobre.- Agua destilada.

**B) Descripción y manejo de los aparatos.**

Se limpian las láminas de hierro y se lijan hasta que no quede nada de óxido en la superficie de la lámina. Se pesan en la balanza de precisión y se anota su peso. Seguidamente se introducen las láminas en la disolución de sulfato de cobre, y se espera durante 10 minutos. Transcurrido ese tiempo, se sacan las láminas cuidadosamente y se depositan sobre el vidrio de reloj. Se secan con el secador y, una vez totalmente secas, se pesan y se anota el peso. Por diferencia de pesada se obtiene la diferencia entre el cobre depositado y el hierro disuelto. Estableciendo la proporción a sus pesos moleculares se obtendrá la cantidad total de cobre depositado.

Si la disolución de sulfato de cobre contiene  $w$  gramos de  $\text{Cu SO}_4$ , cuyo peso molecular es 159,604, el máximo peso de cobre que se podría depositar será:

$$(63,546.w) / 159,604 \text{ g}$$

y, por tanto, es fácil calcular el rendimiento obtenido en nuestra operación.

# PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE QUIMICA FÍSICA

Nombre del alumno: .....

## Práctica N° 1

### Tensión superficial Toma de datos

Temperatura a la que se ha realizado el experimento	..... °C
Densidad del mercurio a esa temperatura	..... g/cm <sup>3</sup>
Masa de mercurio utilizado	..... g
Longitud de la columna de mercurio	..... mm
Ascenso del ácido acético por el capilar	..... mm
Ascenso de la anilina por el capilar	..... mm
Ascenso del benceno por el capilar	..... mm
Ascenso del agua por el capilar	..... mm

### Cálculos

Sigue atrás ↩

## Resultados

Tensión superficial del ácido acético	.....ergios/cm <sup>2</sup>
Tensión superficial de la anilina	.....ergios/cm <sup>2</sup>
Tensión superficial del benceno	.....ergios/cm <sup>2</sup>
Tensión superficial del agua	.....ergios/cm <sup>2</sup>

# PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FÍSICA

Nombre del alumno: .....

## Práctica N° 2

### Cinética química Toma de datos

Tiempo	Ángulo	Tiempo	Ángulo	Tiempo	Ángulo

### Cálculos

Sigue atrás ↩

Tiempo	$L \frac{(\phi_o - \phi_f)}{(\phi_t - \phi_f)}$	Tiempo	$L \frac{(\phi_o - \phi_f)}{(\phi_t - \phi_f)}$	Tiempo	$L \frac{(\phi_o - \phi_f)}{(\phi_t - \phi_f)}$

### Resultados

Constante:

.....s<sup>-1</sup>

# PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE QUÍMICA FÍSICA

Nombre del alumno: .....

## Práctica N° 3

### Electroquímica Toma de datos

Masa de sulfato de cobre ..... g

Volumen de agua ..... ml

Masa de la lámina de hierro ..... g

### Cálculos

Sigue atrás ↩

## Resultados

Aumento de masa en la lámina de hierro: .....g

Masa de hierro disuelto: .....g

Masa de cobre depositada: .....g

Rendimiento: .....%