

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA EN EL BACHILLERATO

Por ANDRÉS LEÓN MAROTO

(Catedrático del Instituto «Beatriz Galindo», de Madrid)

CONSIDERANDO que la enseñanza media no tiene como fin único suministrar conocimientos, sino algo más importante, como es formar el carácter, despertar aptitudes y ejercitar al máximo la fuerza creadora del alumno, en una etapa de su vida que tiene especiales características fisiológicas y anímicas, no cabe duda de que las enseñanzas prácticas son primordiales para este fin. Si a esta enseñanza práctica se agregan problemas y visitas a fábricas y talleres, se podrán conseguir resultados excelentes.

A nosotros nos parece natural hablar a alumnos de trece-catorce años del oxígeno gaseoso y del hidrógeno también gaseoso en las condiciones de presión y de temperatura corrientes y que en su unión química formen al agua, que es líquida en esas condiciones. ¿Cómo recibirán este hecho alumnos tan jóvenes? Del oxígeno, puede que tengan alguna idea (por el aire), pero el hidrógeno será un ente para ellos completamente desconocido. Lo mismo les pasará si se les habla del nitrógeno, fósforo, silicio, cloro, sodio, etc. El profesor presenta a los alumnos entes imaginarios que éste no puede concebir. Cuando un profesor de Geografía les habla del Sol, de la Luna, de las montañas, ríos, mares o de diferentes continentes, el alumno recibe palabras que tienen para él significado. Cuando un profesor de Ciencias Naturales les habla de animales o vegetales, el alumno siempre tiene puntos de referencia; pero si el profesor de Química emplea hablándoles del ácido sulfúrico, del clorhídrico, etc., ninguno de estos cuerpos puede el alumno relacionarlos con nada que haya tropezado en su vida material o intelectual.

Creo, por las anteriores consideraciones, que debe haber una primera fase en la enseñanza de la Física y de la Química, dedicada a presentar hechos y cuerpos, para que se familiaricen con ellos. Este curso debe ser exclusivamente experimental y estará dedicado, preferentemente, a *despertar el espíritu de observación y de investigación*. Para ello, nada más efectivo que se le haga realizar individualmente, y aún mejor por grupos de a dos, experimentos que irá guiando el profesor para llevar al alumno a que sea él mismo quien llegue a sacar las consecuencias de la experimentación. *El maestro debe aprender a preguntar y a guiar al alumno hacia el fin que se ha propuesto*. En este curso, previo, el alumno carecerá de libro de texto, y todos llevarán un cuaderno (apalsado y de papel cuadrículado). Una vez terminada la experiencia, llegado a una conclusión y discutidos sus resultados, se les hará pasar al cuaderno, con el esquema de los aparatos utilizados. Entonces será el momento de ponerles algunos problemas y cuestiones prácticas, con lo cual será el cuaderno, en todo

caso, expresión de la formación del alumno. Este cuaderno debe ser redactado exclusivamente en clase. Cierto número de alumnos muestran decididamente preferencia a tomar apuntes rápidos, durante la explicación o realización de los experimentos, para ponerlos luego en limpio. Considero esta costumbre perniciosa a esta edad. El alumno debe llevar, en estos años, poco trabajo a casa, y lo único que debe permitírsele es repasar lo que ha escrito en clase. Al redactar es cuando surgen las dudas, que el profesor debe aclarar. *El trabajo del alumno al escribir en su cuaderno lo que ha visto y ha entendido, constituye un esfuerzo intelectual muy fuerte que influirá enormemente en su formación.*

Como el material que se requiere para este tipo de enseñanza es sumamente económico, puede todo Centro de enseñanza poseer 15-20 equipos iguales, a fin de que toda la clase realice, al mismo tiempo, la misma experiencia y sea la clase en conjunto la que intervenga en la deducción de sus consecuencias.

Soy partidario entusiasta de la enseñanza cíclica (la he practicado y he podido comprobar sus magníficos resultados). El alumno no debe abandonar las disciplinas fundamentales en todo el tiempo que dura su escolaridad. Únicamente viviéndolas durante varios años puede llegar a tener la dosis de conocimientos necesarios para una cultura general.

En los cursos siguientes a este previo, de que anteriormente hemos hablado, dispondrán ya de libros de texto.

No se concibe hoy la enseñanza de la Física y de la Química como una mera exposición de fenómenos y leyes, y mucho menos como una exposición de aparatos, los cuales sólo deben servir para la comprobación de leyes y fenómenos. Es imperdonable que el profesor prescindiera de la experimentación en sus explicaciones y las haga sólo con ayuda del encerado. La juventud es muy impresionable, y por ello la experimentación es de inestimable valor, tanto más si se les permite y se fomenta el diálogo que permita al alumno hacer cuantas preguntas le pide su viva curiosidad y su instinto de aprender y de conocer. *Hay que enseñarles a pensar por su cuenta, más que hacerles retener explicaciones dadas por el profesor o leídas en libros.* El estudio de los fenómenos y leyes deducidas de la experimentación, dará al alumno una visión de conjunto que perdurará, luego, mucho tiempo en su memoria. El profesor no debe interponerse sistemáticamente entre la realidad y el alumno, sino encauzar, dirigir, guiar aquella tendencia espontánea del joven a enterarse de las cosas que le rodean.

Sólo a título de ejemplo describiré unas cuantas prácticas fáciles de hacer con material sumamente sencillo, en el primer ciclo.

PRIMER CICLO

1.ª LECCIÓN.—Sobre la palanca

Material necesario.—Doble decímetro. Bloque de pesas de 50 a 0,1 gr. Cufñita de madera de 1 cm. de alto y 4 de longitud, una de cuyas aristas no esté muy pronunciada, sino más bien un poco matada.

Experimentación.—El profesor, sin ninguna explicación previa, mandará colocar el doble decímetro en la forma indicada en la figura 1.^a, o sea en posición de equilibrio, para lo cual deberá tener el punto medio sobre la cuñita.



FIG. 1.^a

Una vez esto conseguido, se les mandará que coloquen dos pesas distintas a cada lado del punto medio, de forma que el decímetro con las pesas quede en equilibrio. El alumno deberá entonces anotar las pesas colocadas y las distancias al punto medio del doble decímetro. Esta operación se mandará hacer dos veces más, variando las pesas y las distancias. Con los resultados obtenidos se les mandará hacer en el cuaderno el cuadro siguiente:

Pesas de la derecha	Distancia al punto de apoyo	Pesas de la izquierda	Distancia al punto de apoyo
.....
.....
.....

Ha llegado entonces el momento de hacer a la clase la siguiente pregunta: ¿Puede alguno de vosotros sacar alguna consecuencia de este experimento? Muy pronto empezarán las respuestas. Generalmente, la primera será que *«la pesa menor hay que colocarla a mayor distancia de la regla que la mayor»*. Todos expresarán, gozosos, que a ellos también les sucede lo mismo.

En este punto se llega a una primera aproximación, pero entonces se les exigirá más. ¿Hay quien pueda expresarme matemáticamente una relación entre las pesas colocadas y sus distancias al centro de la regla? Suele suceder que el primero que llega a deducir esa relación, diga: *«Los productos de las pesas por sus distancias al centro de la regla son iguales en cada caso.»* Todos comprobarán inmediatamente esta relación para cada caso. Entonces el profesor podrá exigirles aún más, haciéndoles la siguiente pregunta: ¿Podrías con estos resultados establecer una proporción? Pronto quedará resuelta, y entonces será el momento de mandarlos trasladar al cuaderno la experiencia hecha y las consecuencias sacadas. *Es éste uno de los momentos de mayor concentración y esfuerzo del muchacho.* Cada cual lo expresará a su manera, pero se les exigirá una nota breve, perfectamente inteligible. *El alumno, al mismo tiempo que aprende a razonar, aprenderá a saber redactar con claridad.* Las dos cosas, repetidas durante unos cursos, conseguirán una magnífica formación del muchacho para que pueda estudiar en libros, en años sucesivos.

Entonces se les explicará lo que es una palanca y sus clases. Sin explicaciones previas, se les presentarán:

- a) Martillo sacando clavos.
- b) Tenazas sacando clavos.

- c) Cascanueces rompiendo una nuez.
- d) Pinzas sacando pesas de una caja de pesas.
- e) Tijeras cortando papel o tela.

y se hará que sean los alumnos los que discutan qué clase de palanca hay en cada uno de ellos y la ventaja mecánica que tiene. Después de discutido cada caso se les hará dibujar esquemas de cada una de ellas en el cuaderno y enumerar sus distintas aplicaciones. Se terminará poniendo problemas y cuestiones.

2.^a LECCIÓN.—Sobre el calor y la temperatura

Material necesario.—Tubos de ensayo.—Vasos de precipitados de 250 y 500 c. c.—Termómetro químico hasta 300°—Gradilla de t. e.—Soporte universal.—Tela metálica con amianto.—Balanza de Roberval.—Bloque de pesas.

Productos.—Granalla de plomo o perdigones.—Limaduras de hierro.—Arena.—Parafina.—Aceite.

Experimentación.—1.º Se ponen pesos iguales de plomo (granalla o perdigones), aceite, limaduras de hierro, arena, etc., en sendos t. e. del mismo tamaño. Se meten los t. e. en un vaso que contenga suficiente aceite para que queden cubiertas todas las anteriores sustancias y se calienta el conjunto a unos 200° durante algún tiempo, para tener seguridad de que todas las sustancias han adquirido la misma temperatura. Se sacan entonces todos los t. e. rápidamente, al mismo tiempo, y se les coloca como indica la figura 2.^a, sobre una plancha gruesa de parafina (3-4 cm.). Puede ésta hacerse fácilmente, echando la parafina fundida sobre un molde de papel que tenga la forma de caja, como la que se emplea para las mantecadas, quitando luego el papel una vez solidificada la parafina.

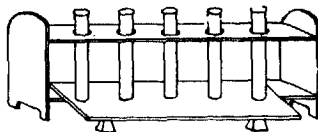


FIG. 2.^a

Se les hará observar lo que sucede y se les harán las siguientes preguntas: ¿Por qué causa se funde la parafina? ¿A qué se debe el que no todos los tubos fundan la misma cantidad de parafina? De la discusión con los alumnos se llegará fácilmente a la siguiente conclusión:

Cantidades iguales de sustancias distintas, a la misma temperatura, poseen diferentes cantidades de calor.

2.º Se hacen colocar 250 gr. de agua en un vaso montado en la forma representada en la figura 3.^a y teniendo el mechero encendido, con poca

llama para que la calefacción sea muy lenta, se hacen tomar las temperaturas que va adquiriendo el agua de medio en medio minuto. Con los datos obtenidos se les hará construir una gráfica, tomando como ordenadas los tiempos y como abscisas las temperaturas.

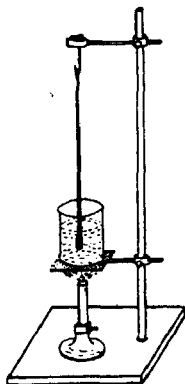


FIG. 3.ª

Sin apagar el mechero, para tener la seguridad de conservar la misma llama, se retira el vaso y, una vez frío, se echan en él 250 gramos de aceite y se repite el experimento anterior, haciendo el mismo número de lecturas en el termómetro y construyendo una gráfica como anteriormente.

Teniendo a la vista las dos gráficas, fácilmente podrán los alumnos responder a las siguientes preguntas: Habiendo sido idénticas las condiciones en los dos casos y, por consiguiente, habiendo comunicado el mechero igual cantidad de calor al agua que el aceite, ¿cómo es que la temperatura del agua y del aceite, al terminar el experimento, son distintas? ¿Cuál de los dos cuerpos, con la misma cantidad de calor, alcanza mayor temperatura? Para llegar a la misma temperatura, ¿cuál de estos cuerpos ha tomado mayor cantidad de calor? ¿Está

éste de acuerdo con lo observado en el ejercicio anterior? De la discusión se podrá llegar a la conclusión:

La misma cantidad de calor comunicada a cantidades iguales de cuerpos diferentes, produce distinta elevación de temperatura.

3.º Mezcla 50 gr. de agua a la temperatura de la habitación, que se medirá con un termómetro, con 50 gr. a la de ebullición. Agita bien la mezcla, empleando para ello el termómetro, y observa a qué temperatura máxima asciende. Repite el experimento empleando esta vez 100 gr. de agua hirviendo en lugar de 50. ¿En qué caso adquiere mayor temperatura la mezcla? Fácilmente se llegará a la conclusión:

A igualdad de temperatura, la cantidad de calor que contiene un cuerpo es proporcional a su masa.

4.º Mezcla 50 gr. de agua a la temperatura de la habitación con 50 a 60° y mira a qué temperatura queda la mezcla.

¿Qué agua contiene más calor, la que estaba a 50° o la que estaba a 60°?
Fácilmente llegarán a la conclusión:

La cantidad de calor de un cuerpo depende de la temperatura.

Como consecuencia de las experiencias anteriores se podrá asegurar que en la medida de la cantidad de calor de un cuerpo habrán de tenerse en cuenta dos factores: *masa y temperatura*.

3.ª LECCIÓN.—Oxidación y combustión

Material necesario.—Erlenmeyer de 50 c. c.—Balanza.—Bloque de pesas. Crisol de porcelana con tapa.—Triángulo de tierra de pipa.—Tubos de ensayo.—Embudo pequeño de vidrio.—Varilla de vidrio.—Cuba hidráulica. Probeta graduada.—Frasco al que se ha quitado el fondo.—Diamante para cortar vidrio.—Vasos de 250 c. c.—Vidrios planos.—Alambres de hierro.—Papel de lija.—Cinta de magnesio.—Arena.—Fósforo blanco y rojo.—Papel de filtro.

Experimentación.—1.º Pesa cuidadosamente un matraco erlenmeyer que contenga trozos de alambre de hierro, frotados con papel de lija para dejar su superficie bien limpia y brillante. Agrega encima de esos alambres unas gotas de agua (no es necesario queden todos ellos cubiertos de agua) y deja el erlenmeyer sin tapar durante una semana.

¿Qué observas al cabo de ésta? ¿A qué se debe ese cambio?

Callenta ahora el matraz hasta que se haya evaporado todo el agua y vuelve a pesarlo. ¿A qué se debe el aumento de peso?

El hierro aumenta de peso al oxidarse.

2.º Pesa cuidadosamente una lámina de cobre que esté bien brillante. Calléntala al rojo durante treinta a cuarenta minutos y déjala enfriar. ¿Qué ha pasado en su superficie? Pésala de nuevo. ¿A qué se debe el aumento de peso?

El cobre aumenta de peso al oxidarse.

3.º Pon unos cuantos trozos de cinta de magnesio en el fondo de un crisol de porcelana y pesa el conjunto. Cubre el crisol con su tapa y, colocándolo encima de un triángulo de tierra de pipa, calléntalo durante diez o quince minutos con un mechero de gas (alumbrado, butano). Déjalo

enfriar y, separando la tapadera, examina lo que les ha pasado a los trozos de cinta de magnesio. Pesa el conjunto.

El magnesio aumenta de peso al oxidarse.

Después de estas tres experiencias puede fácilmente comprender el alumno que:

Los metales aumentan de peso al oxidarse.

4.º Pon agua hasta sus $\frac{2}{3}$ partes en dos t. e. Hierve el agua de uno de ellos un rato. Agrega a los dos t. e. trozos de alambre de hierro, cuya superficie habrás limpiado bien con papel fino de lija. Pon encima del agua hervida una pequeña capa de aceite y deja los tubos durante unos días (tres o cuatro) a la temperatura de la habitación. Al cabo de éstos examina cómo están los alambres en uno y otro tubo. ¿A qué crees se debe el diferente aspecto?

5.º Coloca en un crisol de porcelana unos cuantos trozos de cinta de magnesio y cúbrelos con una buena capa de arena fina y seca. Pesa cuidadosamente el conjunto y callenta el crisol en la misma forma que en la práctica 3.ª Una vez frío vuelve a pesarlo y mira cómo han quedado los trozos de cinta de magnesio. ¿A qué crees es debido el que ahora no se hayan oxidado? El profesor llegará con habilidad a que los alumnos formulen esta consecuencia:

El aire es necesario para la oxidación.

6.º Sujeta un embudo pequeño de vidrio, por medio de una goma, a una varilla de vidrio. Coloca en el embudo unos cuantos trozos de alambre de hierro bien lijados y mójalos con una disolución de sal amoniaco. Monta el aparato de la figura 4.ª y observa el nivel del agua en el interior del tubo B, colocando allí una señal (pequeña tira de papel). Dejas el aparato una semana. ¿Qué observas? ¿Qué le ha pasado al hierro colocado en el embudo? ¿A qué se debe la subida del nivel del agua en el interior del tubo B?

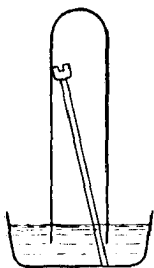


FIG. 4.ª.

Cierra lo más fuertemente posible la boca del tubo con una cartulina, un poco fuerte, para evitar caiga agua y sácalo del cristallizador. Mide ahora el agua que contiene el tubo B echándola en una probeta graduada. ¿Cómo averiguarás el volumen primitivo del aire encerrado en el tubo B al principio del experimento? ¿Cuál será el volumen del aire gastado en la oxidación del hierro? ¿En qué relación está el volumen del aire absorbido con el volumen primitivo?

7.º Monta el aparato de la figura 5.ª Sujeta al gancho del corcho una tira de cinta de magnesio, inflámala e introduce rápidamente el corcho en la boca del frasco de forma que cierre herméticamente. ¿Qué es lo que observas? ¿Llega a arder toda la cinta de magnesio? ¿Cuál es el volumen de aire absorbido por la oxidación del magnesio? ¿En qué relación está este volumen con el volumen primitivo del aire?

De las dos experiencias últimas se sacará la consecuencia

Los cuerpos, al oxidarse, absorben sólo una parte del aire.

8.º Pon unos trozos de alambre de hierro bien lijados en dos t. e. secos. Agrega a uno de ellos unas gotas de agua y déjalos una semana. Al cabo de ésta observarás los alambres de los dos tubos. ¿Hay alguna diferencia entre ellos? Fácilmente se sacará la consecuencia

La humedad facilita la oxidación del hierro.

9.º Se presentará un frasco con trozos de fósforo blanco y se hará observar su aspecto, color y olor. Se hará observar hay agua cubriendo los trozos de fósforo. ¿Qué consecuencia sacas de ello?

Por medio de unas pinzas se tomará un trozo de fósforo (1), y colocándolo en un cristallizador con agua suficiente para que lo cubra por completo, se cortará con una navaja un pedazo del tamaño de una lenteja.

Se secará este trozo muy rápidamente con papel de filtro y, colocándolo encima de un vidrio, se cortará con la navaja en dos trozos. ¿Qué es lo que ha hecho inflamarse al fósforo? ¿Por qué se conserva éste debajo del agua? ¿Por qué no debe cogerse con los dedos? Se les dirá que las quemaduras con fósforo son muy venenosas.

Un trozo pequeño de fósforo se echará en un t. e. y se cubrirá completamente con agua. Se calentará ésta y se hará ver que el fósforo funde. ¿Podría fundirse el fósforo en contacto del aire?

Se llevará a un pequeño trozo de fósforo a una cámara oscura y se hará observar si fosforece.

Se colocará un trozo de fósforo sobre una placa metálica y se inflamará tocándolo con un alambre caliente. Se hará observar el color de la llama y los humos blancos que desprende. ¿De qué serán estos humos? Se colo-

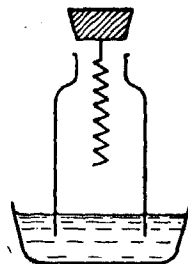


FIG. 5.ª

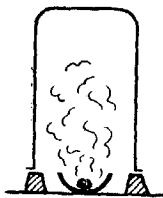


FIG. 6.ª

(1) Por lo peligroso del manejo del fósforo, esta experiencia la hará el Profesor delante de los alumnos.

cará encima del fósforo ardiendo un vaso bien seco (fig. 6.^a) y se hará ver cómo se condensan los humos sobre las paredes, en forma de polvo tenue blanco. Si en este vaso se agregan unos c. c. de agua y se lavan sus paredes con ella, se hará observar que los humos blancos desaparecen.

En el sitio donde ha estado el fósforo ardiendo, sobre la plancha metálica, se hará observar hay una mancha roja.

10. Se presentará un frasco con fósforo rojo y se hará notar no tiene olor y no fosforece en la oscuridad. Se echará un trozo pequeño sobre una lámina metálica y, a cierta distancia de él, otro de fósforo blanco y se observará lo que sucede. El fósforo blanco empezará pronto a emitir humos blancos. ¿De qué serán estos humos? Pronto el trozo de fósforo blanco se inflamará. ¿Cómo te explicas esta inflamación? El fósforo rojo no desprenderá humos ni se inflamará.

11. Se echa un trozo pequeño de fósforo blanco en un t. e. que contenga suficiente agua para cubrirlo por completo y se expone a la acción de los rayos solares. ¿Qué se observa en el fósforo? Se explicará entonces la transformación del fósforo blanco en rojo.

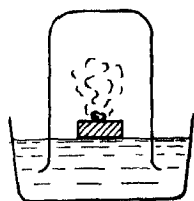


FIG. 7.^a

12. En un cristallizador que contenga agua se coloca flotando una rodaja de corcho (fig. 7.^a). Se coloca sobre ella un trozo pequeño de fósforo blanco y se inflama éste tocándole con un alambre caliente. Rápidamente se cubre con un vaso grande invertido, sujetándolo con la mano para que no caiga. Cuando ya se sostiene sin necesidad de ayuda se deja en reposo. Se hará observar cómo los humos blancos producidos en la combustión del fósforo, que se depositaron sobre las paredes del vaso, van desapareciendo. ¿Qué explicación tiene este hecho? ¿Qué ha sucedido con el nivel del agua en el interior del vaso? ¿A qué se debe este hecho? Colocando un vidrio plano que tenga encima una cartulina en el fondo del vaso y apretando bien este vidrio sobre el vaso, se sacará éste y rápidamente se invertirá para que no caiga el agua. Si ahora se introduce en el vaso una cerilla encendida (fig. 8.^a) se apagará. En el aire la cerilla arde, pero en el aire que queda después de la combustión del fósforo la cerilla se apaga. ¿Qué consecuencia sacas de este experimento? Se mide el agua del vaso y el volumen total de éste. ¿Qué consecuencia sacas? Fácilmente se llegará a que el alumno saque la siguiente consecuencia:

Los cambios que ocurren cuando se quema el fósforo son análogos a los de su oxidación.

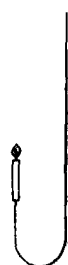


FIG. 8.^a

13. En el extremo de una varilla se sujeta un corcho que tenga una queuedad en su parte superior. En ella se pone un trozo no pequeño de

fósforo blanco y se monta el aparato de la figura 4.^a Dejándolo varios días, se les enseñará cada día y pronto se fijarán en que el nivel del agua en el interior del vaso se va elevando. ¿A qué se debe este hecho? Al cabo de una semana, lo mismo que se ha hecho en otros experimentos, se tapa el fondo del tubo con una cartulina fuerte y sacándolo del cristallizador se invierte rápidamente. Si sobre el aire que ha quedado se introduce una cerilla encendida, ésta se apagará. Se repetirá la explicación dada en el experimento anterior. Lo mismo que en este experimento, se medirá el agua recogida y el volumen del aire primitivo. Se determinará con estos datos la relación entre el volumen del aire primitivo y el del gas que ha quedado. La relación encontrada se comparará con la obtenida en el experimento anterior y en el de oxidación del hierro y combustión del magnesio.

Con habilidad se llegará a que descubra el alumno que la *oxidación* y la *combustión* son dos procesos semejantes y que, tanto en uno como en otro, el cuerpo que se oxida o arde toma una parte, la parte *activa* del aire, y deja una *inactiva*.

Se les podrá ahora decir que la *parte activa del aire* se llama *oxígeno*, y la *inactiva nitrógeno*.

SEGUNDO CICLO

Los alumnos llegarán a este curso con espíritu de observación y con una formación que les capacitará para poder estudiar en libros y hacer apuntes de las explicaciones que les den los profesores.

Las experiencias de clase son de enorme interés, pero no tienen nunca el mismo valor que el de las prácticas hechas por los propios alumnos. ¿Qué duda cabe que una clase experimental es más amena para los alumnos y les hace mantener su atención más fijamente? Pero seamos sinceros, el número de experiencias de clase que puedan tener valor formativo y que faciliten el estudio del alumno es bastante limitado. Los aparatos que se requieren son costosos, la clase debe estar acondicionada a este fin, gran número de las experiencias que pueden realizarse no son visibles más que para las primeras mesas y el resto de la clase se queda sin poder verlas. Por ello creo que lo fundamental son las prácticas realizadas por los propios alumnos.

No soy partidario de que las prácticas sean dirigidas por los profesores auxiliares. Estos deberán ayudar al profesor, con lo que su formación se irá completando. Es precisamente en el laboratorio donde el profesor puede ejercer mayor influencia en la formación y en la educación del alumno, y el dejar estas prácticas al cuidado de profesores auxiliares es como considerarlas de inferior importancia a las clases teóricas, cuando es todo lo contrario.

Es fundamental que los aparatos que se les proporcione sean lo más sencillos posible, a fin de que su mente no se pierda en la complicación de los mismos.

El que el alumno lleve orden en la realización de las prácticas es fun-

damental. Durante el proceso tomará notas de hechos, observaciones y medidas en un cuaderno, nunca en una cuartilla, que se pierde con facilidad. El formar grupos de dos o tres alumnos será conveniente para que puedan discutir las observaciones y mantengan el diálogo. El llevar orden en la toma de notas, no olvidando en cada magnitud colocar a su lado la unidad en que se ha medido, es de absoluta necesidad, pues luego les ahorrará tiempo y les evitará confusiones. El hábito que adquieran en este sentido les será de gran utilidad en cualquier profesión que elijan.

A continuación describiré algunas prácticas de interés que pueden ser realizadas con medios sumamente sencillos.

1.^a PRÁCTICA.—*Medida del equivalente mecánico del calor (método eléctrico)*

1.^o Se construye una resistencia como la representada en la figura 9.^a, arrollando un hilo de gran resistencia (manganina, constatan, nicromo) sobre una lámina de vidrio de 9×6 cm., haciendo pasar uno de los extremos por el interior de un tubo para que no establezca contacto con las espiras. Con la resistencia se hace el montaje de la figura 9.^a: B es un calorímetro hecho con dos vasos, apoyados uno en otro mediante corchos aisladores; C la resistencia construida; D un reóstato que permita pasar corrientes hasta de dos amperios; A un amperímetro de escala 0-2 que aprecie décimas; E un enchufe con la corriente industrial y V un voltímetro; F un termómetro que aprecie décimas de grado.

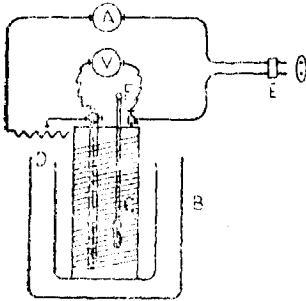


FIG. 9.^a

2.^o Se pesa el vaso calorimétrico y echando en él suficiente agua para que cubra la resistencia, se vuelve a pesar. Este agua deberá estar algo más fría que la temperatura ambiente.

3.^o Se anotará la temperatura inicial del agua y se hará pasar la corriente durante diez o quince minutos, durante los cuales se anotarán, de minuto en minuto, las lecturas del amperímetro y del voltímetro. Al final se leerá la temperatura a que ha llegado el agua del calorímetro. Con objeto de que ésta sea uniforme en toda la masa, convendrá agitarla durante el tiempo de la operación, valiéndose del mismo termómetro.

4.^o Con las medias de las lecturas del amperímetro y voltímetro se calculará el número de vatios gastados, y con todos los datos obtenidos se calculará la cantidad de calor cedida al calorímetro y el equivalente mecánico del calor.

Trabajos complementarios.—1.^o Se enumerarán los errores cometidos y se hará un estudio crítico de ellos.

2.^o Se calculará el error cometido, comparando el número obtenido con el dado por los libros.

3.^o ¿Por qué es mejor empezar el experimento teniendo el agua del

calorímetro a temperatura inferior a la atmosférica y terminarla con temperatura superior a ella?

2.^a PRÁCTICA.—*Rendimiento de un calentador eléctrico*

Material necesario.—Calentador eléctrico.—Amperímetro.—Voltímetro.—Vaso de precipitados de 500 c. c.—Termómetro químico.—Alambres de conexión.—Balanza.—Caja de pesas.—Reloj.

Proceso.—1.^o Se unen en serie el calentador, el amperímetro y el macho del enchufe eléctrico. Se conecta el voltímetro en derivación con los terminales del calentador.

2.^o Se pesa un vaso de precipitados de 500 c. c. seco, se le echa agua hasta sus tres cuartas partes y se vuelve a pesar. Se anota la temperatura de este agua después de haber dejado el termómetro sumergido durante unos minutos.

3.^o Se coloca el vaso encima del calentador y se hace pasar la corriente, anotando con exactitud la hora en que se cierra el circuito.

4.^o Se anotan las lecturas del amperímetro y del voltímetro y se tiene pasando la corriente unos diez minutos. Caso de que las agujas del amperímetro y del voltímetro varíen, se anota su valor de minuto en minuto y se toma luego, para los cálculos, el valor medio.

5.^o Al cabo de los diez minutos se interrumpe la corriente, se anota la temperatura del termómetro y se pesa el vaso con el agua caliente.

6.^o Se determinará el calor absorbido por el vaso y el absorbido por el agua en la variación de temperatura experimentada. Si se suman al valor anterior las calorías absorbidas por el agua al evaporarse durante el experimento, se tendrán todas las calorías utilizadas.

7.^o Se calculará el rendimiento dividiendo las calorías absorbidas por las desarrolladas por la corriente.

Es conveniente hacer dos determinaciones y hallar luego el valor medio.

Trabajos complementarios.—1.^o Explica qué modificaciones harías en un montaje anterior a fin de aumentar el rendimiento del calentador.

2.^o Deberás hacer esquemas de cuantas clases de calentadores conozcas.

3.^a PRÁCTICA.—*Coste de preparar un huevo pasado por agua utilizando un calentador eléctrico*

Material necesario.—Calentador eléctrico.—Amperímetro y voltímetro.—Huevo.—Reloj.

Proceso.—1.^o Se une, en serie, un calentador y un amperímetro con el

macho del enchufe de la corriente industrial y se conecta un voltímetro en derivación con los terminales del calentador.

2.º Se echa agua en un vaso hasta sus tres cuartas partes, se coloca encima del calentador y se establece la corriente, anotando exactamente la hora en que se cierra el circuito.

3.º Cuando el agua empieza a hervir se echa el huevo y se continúa la ebullición durante dos minutos. Al cabo de éstos se saca el huevo con unas pinzas y se interrumpe la corriente, anotando la hora exacta.

4.º Con los datos anotados se calculará el número de kv. gastados en cocer el huevo, y suponiendo el precio del kv/hora a dos pesetas, se calculará el gasto.

5.º Explica las razones por las cuales el gasto ha salido tan elevado y propon modificaciones para reducir éste.

4.ª PRÁCTICA.—Coste del planchado de un pañuelo con una plancha eléctrica

Material necesario.—Plancha eléctrica.—Amperímetro y voltímetro.—Pañuelos o paños de limpieza.—Balanza.—Caja de pesas.—Barómetro.

1.º Se hace el montaje uniendo en serie la plancha, el amperímetro y el macho del enchufe eléctrico. Se conecta el voltímetro en derivación con los terminales de la plancha.

2.º Se mojan los pañuelos, preparándoles para el planchado, y una vez húmedos se pesan.

3.º Se hace pasar la corriente por la plancha, anotando la hora exacta a la que se establezca el circuito y se espera a que la plancha esté lo suficientemente caliente para poder utilizarla. Se anota la lectura del amperímetro y del voltímetro y, en caso de que éstos oscilen, se anotan sus valores de minuto en minuto para tomar luego, en los cálculos, la media aritmética.

4.º Se plancha un pañuelo y, una vez terminado, se desconecta la corriente y se anota la hora exacta a que esto se hace.

5.º El pañuelo planchado se vuelve a pesar, con lo cual sabremos la cantidad de agua evaporada por el calor de la plancha. Por último, se anota la temperatura de la habitación, y leyendo la presión atmosférica se determinará la temperatura exacta a que hierve el agua en el lugar del experimento.

6.º Se calculará el rendimiento aproximado de la plancha calculando:

a) El número de calorías necesarias para evaporar el agua del pañuelo, para lo cual tendremos que saber el número de gramos evaporados, la

diferencia de temperatura entre la de ebullición del agua y la del ambiente y el calor latente de vaporización del agua.

b) El número de calorías desarrolladas por la corriente.

7.º El rendimiento será el cociente de dividir el primer número por el segundo. Para determinar el gasto se procederá en la misma forma que en el experimento anterior.

Trabajos complementarios.—1.º Desmontará el alumno una plancha eléctrica y dibujará cada una de sus partes, indicando el papel que desempeñan.

2.º ¿Cómo se podría reducir el coste?

5.ª PRÁCTICA.—Rendimiento de un motor eléctrico

Material necesario.—Motor eléctrico.—Reóstato, amperímetro (hasta tres amperios) y voltímetro (125 voltios).—Polea para ajustar al eje del motor.—Dos platillos tipo de los de balanzas.—Balanza.—Caja de pesas.—Palmer.—Contador de revoluciones.—Bramante un poco fuerte.

Proceso.—1.º Se monta el motor, en serie, en un circuito que tenga un amperímetro y un reóstato. De las bornas del motor se sacarán dos alambres y se montará entre ellos un voltímetro en derivación.

2.º Por la polea del motor se hace pasar una cuerda en cuyos extremos se cuelgan dos platillos en los que se colocan pesos iguales. Al girar el motor, arrastrará a uno de ellos, y para evitarlo habrá que poner en él una pesa grande, P.

3.º Se medirá el radio de la polea del motor y se determina, con un contador de revoluciones, el número de las que da el motor a plena carga.

4.º Con los datos anteriores se determinará la potencia desarrollada por el motor y se comparará con la potencia eléctrica consumida por el mismo.

Trabajos complementarios.—1.º Si se conecta en serie con el motor un amperímetro, ¿qué sucederá en sus indicaciones cuando el motor se pone en marcha?

2.º Explica por qué los motores tienen resistencia de arranque.

3.º La energía que consume un motor, ¿depende o no del trabajo que el motor realiza?

4.º ¿Se requiere energía para poner un motor en marcha si éste no realiza trabajo?

5.º ¿Por qué el arrollamiento del rotor de un motor eléctrico deja pasar más corriente cuando está fijo que cuando se pone en movimiento?

6.ª PRÁCTICA.—*Fuerza contra-electromotriz en un motor*

Material necesario.—Motor eléctrico.—Tres amperímetros con cero en el centro de la escala y que aprecien décimas.—Lámpara eléctrica con casquillo.—Alambres de conexión.—Dos listones de 3 cm. de anchura y 40 cm. de longitud, unidos en un extremo por una bisagra que permita ponerles un ángulo todo lo cerrado que se quiera.

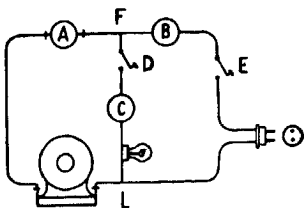


FIG. 10

Proceso.—1.º Se intercala un amperímetro en el circuito de un pequeño motor, al que se habrá puesto en su eje una rueda grande para aumentar su inercia, y se hace pasar la corriente observando el amperímetro desde el primer momento. Al principio pasará mucha intensidad, pero ésta disminuirá a medida que aumente la velocidad del motor hasta presentar un mínimo cuando el motor marcha a gran velocidad.

2.º Se pone ahora un freno al eje del motor, de forma que se pueda regular su fricción y se observará que a medida que ésta sea mayor, es decir, a medida que el motor realice más trabajo, el amperímetro nos acusará mayor intensidad de corriente.

3.º Si se fuerza el freno hasta parar el motor, el amperímetro marcará un máximo de intensidad. No deberá prolongarse mucho tiempo este estado por el peligro de que se funda el inducido del motor.

4.º Los hechos anteriores son debidos a la creación en el motor de una fuerza contra-electromotriz, en cuanto se pone en movimiento. Para observarla convendrá hacer el montaje de la figura 10. A, B y C son amperímetros que tienen el cero en medio de la escala, para poder así apreciar el sentido de la corriente. D y E son interruptores.

Hecho el montaje de la figura 10 se cierra la llave E y se observa la pequeña intensidad marcada por los amperímetros A y B cuando el motor gira a toda velocidad. Si ahora se cierra D, parte de la corriente deriva por este circuito y encenderá la lámpara L. El amperímetro C marcará la intensidad de la corriente por allí derivada. Si se abre en este instante la llave E, el motor, por inercia, continuará girando, y actuando como dinamo producirá corriente que hará continúe encendida la lámpara L por algún tiempo. El amperímetro A marcará ahora corriente en sentido contrario que antes. El C marcará casi tanta corriente como al principio, lo cual nos probará que la d. d. p. entre los puntos F y G es ahora casi igual a la

que tenía antes, aunque de sentido contrario. Es decir, que la f. c. e. m. es casi igual a la f. e. m.

7.ª PRÁCTICA.—Par termoeléctrico

Material necesario.—Alambre de hierro.—Alambre de cobre.—Tubos de ensayo.—Vaso de precipitados de 250 c. c.—Termómetro químico.—Alambres de conexión.—Galvanómetro sensible.

Proceso.—1.º *Construcción del par.*—A un alambre de hierro de unos 80 cm. de longitud y 1 mm. de sección, al que se han metido dos tubos de cristal (fig. 11) se unen en sus extremos, retorciéndolos y apretándolos fuertemente con unos alicates, dos alambres de cobre de la misma sección que el anterior. Una vez hecho esto se corren los tubos hasta dejarlos en la forma de la figura 12, de manera que quede la unión de los alambres al final del tubo, el cual se cerrará, por esta parte, con un tapón de parafina.

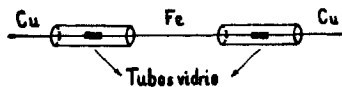


FIG. 11

2.º *Montaje del aparato.*—En dos vasos de precipitados de unos 100 c. c. de capacidad se echa en uno glicerina y en el otro agua y se colocan como

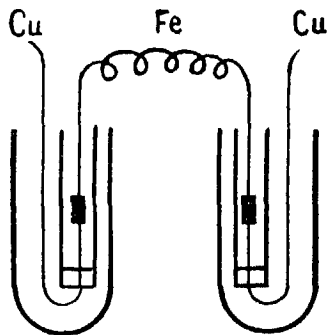


FIG. 12

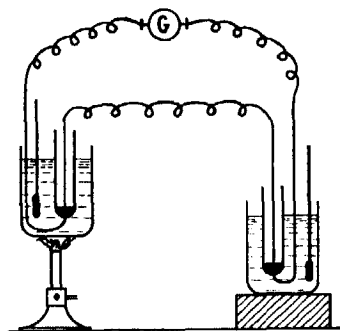


FIG. 13

indica la figura 13. En ellos se meten termómetros que aprecien décimas de grado. Estos termómetros servirán también de agitadores. Las soldaduras no deberán estar en contacto con el fondo del vaso.

3.º *Proceso de la práctica.*—Se echan unos trozos de hielo en el vaso con agua, hasta hacer descender la temperatura a cero grados, y se mantendrá constante esta temperatura por sucesivas agregaciones de trozos de hielo. El vaso con glicerina se calentará con mechero o lamparilla.

Una vez el agua a cero grados, se anotará la temperatura de la glicerina y la desviación que marque el galvanómetro. El vaso con la glicerina se irá calentando lentamente y anotando, de minuto en minuto, las temperaturas del vaso y las indicaciones del galvanómetro. Se procederá así hasta la mayor temperatura que permita el termómetro del vaso.

4.º Con los datos encontrados se construirá una curva que nos dé las desviaciones del galvanómetro en función de las temperaturas de la glicerina. Construída la curva podremos determinar la temperatura de un líquido cualquiera sumergiendo la soldadura que estaba en el vaso de glicerina en el líquido cuya temperatura queremos determinar. Se comprobará el valor dado por la curva con el encontrado metiendo un termómetro en el líquido.

Trabajos complementarios.—Se hará una lista de metales con los que se pueden formar pares termoeléctricos y se arreglará la lista de forma que la corriente, en estos pares, vaya del primer metal al siguiente por la soldadura caliente.

2.º Cita algunos casos prácticos en los que la temperatura se mida por pares termoeléctricos.

3.º Para la medición de altas temperaturas ¿es necesario introducir una de las soldaduras en agua con hielo?

4.º Describe una forma de pirómetro termoeléctrico para la medida de altas temperaturas.

8.ª PRÁCTICA.—Composición en volumen del ácido clorhídrico

Material necesario.—Tubo en U con tapones de corcho que se hayan parafinado bien, por dentro y por fuera.—Dos carbones de arco.—Dos cubas hidráulicas.—Tubo de vidrio para uniones.—Dos probetas graduadas.—Alambres de conexión.—Cuadro de lámparas en paralelo.—Amperímetro (hasta 2 amperios, que aprecie décimas).—Cloruro cálcico.—Acido clorhídrico.—Permanganato potásico.

Proceso.—1.º Se hará el montaje de la figura 14. Como generador de corriente se utilizará uno de corriente continua. En las cubas hidráulicas se echará disolución saturada de cloruro cálcico. En el tubo en U se pondrá disolución 2N de ácido clorhídrico que haya sido previamente saturado de cloro. Se hará pasar la corriente graduando las lámparas de forma que pasen 1,5 amperios aproximadamente. Se recogerán unos 80 a 100 c. c. de gases y, comprobada la igualdad de volumen, se les caracterizará como hidrógeno y cloro por sus propiedades.

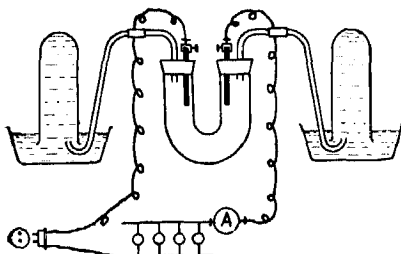


FIG. 14

9.ª PRÁCTICA.—Preparación de hidróxido sódico con cátodo de mercurio

Material necesario.—Vaso de precipitados de 500 c. c.—Tubo ancho de vidrio (4,5 cm.).—Carbones de arco eléctrico.—Tubos de desprendimiento. Amperímetro (3 amperios).—Sal común.—Cal.—Alambres para conexiones. Cuadro de lámparas en paralelo.

Proceso.—1.º Se monta el aparato de la figura 15. A es un vaso de precipitados al que se le ha echado mercurio en capa de un centímetro aproximadamente. En su centro hay un tubo de vidrio B introducido en el mercurio y que tiene en el otro extremo un tapón de corcho bien parafinado, por el que pasa un carbón de arco y un tubo de desprendimiento. C es un agitador. E es el otro electrodo, formado por barra de carbón o de hierro. El circuito se cierra con un cuadro de lámparas en paralelo, un reóstato, un amperímetro (hasta 3 amperios) y un enchufe.

2.º En el espacio entre el tubo B y el vaso de precipitados se echa agua y en el interior del tubo una disolución de sal común (10 por 100). El tubo B no deberá descansar en el fondo del vaso.

El tubo de desprendimiento T se arrima a otro que lleve al cloro a burbujear a un vaso que contenga agua y cal para que sea absorbido.

3.º Se cierra el circuito y se regula la corriente para tener una intensidad aproximada de 1,5 amperios. A la media hora se suspende la corriente, se sifona el líquido de D, se mide su volumen y tomando de 30 a 40 c. c. se determina la cantidad de sosa formada valorándola con ácido clorhídrico.

4.º Se calculará ahora el número de culombios necesarios para obtener la sosa producida y comparándolos con los empleados en la electrólisis se tendrá el rendimiento de la operación.

10 PRÁCTICA.—Preparación del hidróxido sódico con tabique poroso

Material necesario.—Vaso poroso de los empleados en las pilas Bunsen (1).—Tela metálica de hierro.—Vaso de precipitados de 500 c. c.—Tubo ancho de vidrio (unos 3 cm. de diámetro).—Carbón de arco eléctrico.—

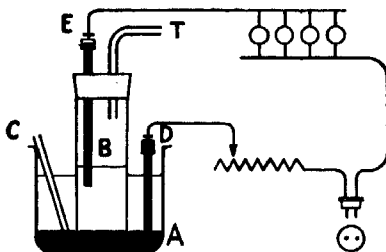


FIG. 15

(1) También se puede preparar a partir de los vasos porosos de los filtros para agua.

Tubo de desprendimiento.—Amperímetro.—Cuadro de lámparas en paralelo.—Reóstato que deje pasar hasta 2 amperios.—Alambres de conexión.—Cloruro sódico.—Cal.—Disolución N/10 de ácido clorhídrico.

Proceso.—1.º Se monta el aparato de la figura 16. El vaso poroso A tiene una tela metálica de hierro arrollada por toda su superficie. A esta tela metálica va unido un alambre B que sirve de conductor de corriente. Este vaso se introduce en uno de precipitados C. En el centro del vaso poroso se coloca un tubo ancho D cerrado en su parte superior por tapón de corcho bien parafinado, atravesado por un tubo de desprendimiento y un carbón de arco voltaico. En el vaso de precipitados se pone una disolución de sal común (20 por 100) e igual se hace en el interior del vaso poroso. Se medirán exactamente los centímetros cúbicos colocados en uno y otro vaso. El tubo de desprendimiento T se lleva a una lechada de cal para que el cloro que se desprende sea absorbido por ésta.

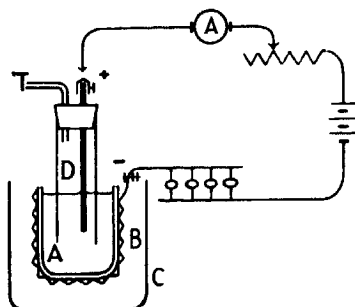


FIG. 16

2.º Se hará pasar la corriente, graduando la intensidad con el reóstato y las lámparas para tener una intensidad próxima a 2 amperios, y se pasará la corriente durante una hora. Al cabo de ésta se determinará la cantidad de sosa obtenida, tomando 10 c. c. de la disolución y valorándola con una disolución N/10 de ácido clorhídrico.

Se calcularán ahora el número de culombios necesarios para obtener esta sosa y comparándolos con los empleados en la electrólisis se tendrá el rendimiento de la operación.

11 PRÁCTICA.—Preparación de hipoclorito sódico por electrólisis

Material necesario.—Vaso de precipitados.—Vaso de aluminio.—Láminas de carbón de las empleadas en las pilas Leclanché.—Amperímetro (hasta 3 amperios).—Reóstato.—Cuadro de lámparas en paralelo.—Cloruro sódico.—Alambres para conexiones.—Yoduro potásico.—Acido acético.—Disolución valorada de tiosulfato.

Proceso.—1.º Se monta el aparato de la figura 17. En el vaso A se coloca una disolución de cloruro sódico (20 por 100). Este vaso irá introducido en otro metálico que contenga agua, y se apoyará en unos corchos. Los electrodos son láminas de carbón. Una estará en la parte inferior (el cátodo) y tendrá su parte superior aislada con cera o cinta aisladora

a fin de que no haya electrólisis en ella. El otro electrodo estará situado en su parte superior. La superficie sumergida de éste debe ser igual a la parte descubierta del otro. El objeto de poner el cátodo en la parte inferior es conseguir una agitación del líquido electrolítico por medio del hidrógeno que se desprende en su superficie por efecto de la electrólisis.

2.º Se hará pasar una corriente de densidad aproximada de 10 amperios por decímetro cuadrado y se la mantendrá durante media hora.

3.º Se medirá exactamente el volumen de la disolución de hipoclorito obtenida y se determinará su riqueza tomando 50 c. c. de ella, a los que se agregarán 3 gramos de yoduro potásico disueltos en agua, se acidificará con acético y se valorará el yodo puesto en libertad con disolución valorada de tiosulfato. De este dato se podrá saber la cantidad total de hipoclorito preparada.

4.º Se calculan ahora los culombios teóricos necesarios para preparar esa cantidad y hallando los consumidos en la preparación por la lectura del amperímetro y del tiempo durante el cual ha circulado la corriente, se calculará el rendimiento de la operación.

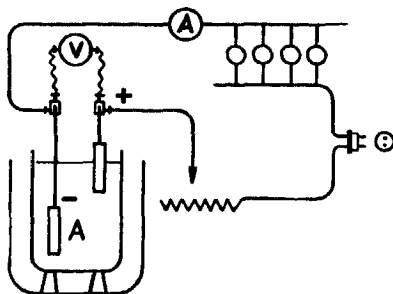


FIG. 17

12 PRÁCTICA.—Leyes de Faraday

Material necesario.—Cuba electrolítica de vidrio.—Vaso de 300 c. c.—Dos láminas de cobre de la forma de la figura 20 (4×8 cm.).—Dos alambres gruesos de níquel.—Amperímetro dividido en décimas.—Reóstato (200 Ω y deje pasar hasta un amperio).—Probetas para recoger gases.—Cuadro de lámparas en paralelo.—Acido sulfúrico.—Sulfato de cobre.

Proceso.—1.º Se monta el aparato de la figura 18. En la cuba electrolítica se pondrá ácido sulfúrico al 10 por 100. Los electrodos estarán formados con alambre grueso de níquel recubierto de parafina, excepto en la parte final del extremo curvo. Las probetas para recoger los gases serán de 250 c. c., divididas en centímetro cúbico. El vaso C contiene una disolución de sulfato de cobre de 2º Beaumé. Hay un pequeño cuadro de lámparas montadas en paralelo.

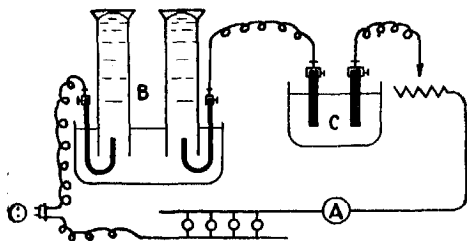


FIG. 18

2.º Se empezará pesando la lámina de cobre que vaya a ser el cátodo. Vuelta a su sitio y sumergida en la disolución, se hará pa-

sar la corriente, que se regulará con ayuda del cuadro de lámparas y del reóstato, a fin de llegar a tener una densidad de corriente de 2 amperios por decímetro cuadrado. Se mantendrá la corriente hasta que se hayan recogido en el cátodo unos 80 a 100 c. c. de hidrógeno (tiempo aproximado de veinte a treinta minutos). Se interrumpe entonces el paso de la corriente, se saca el cátodo de cobre del vaso C, se lava bien con agua sumergiéndolo repetidas veces en este líquido y se deja secar al aire. Mientras tanto se igualarán los niveles externo e interno de las probetas y se hará lectura del volumen recogido de cada gas. Se anotarán la temperatura y la presión atmosférica. Se pesará ahora la lámina de cobre, que estará ya seca, y por diferencia se sabrá el peso del cobre depositado.

3.º Se repetirá el experimento, manteniendo ahora la corriente suficiente tiempo para que el volumen del hidrógeno recogido sea doble del anterior.

4.º Con todos los datos obtenidos se comprobarán las leyes de Faraday.

13 PRÁCTICA.—*Reproducción de una medalla por galvanoplastia*

Material necesario.—Objeto para reproducir, que podrá ser una medalla o una talla de madera que tenga bastante relieve.—Parafina.—Cera de abejas.—Pincel de pelo de camello.—Polvo de grafito.—Alcohol.—Alambres de conexiones.—Alambre de cobre.—Trozo de plomo.—Planchas de cobre.—Navaja.—Areómetro de Beaumé.—Almidón.—Lámparas de filamento de carbón con sus casquillos.—Amperímetro.—Alcohol metílico.—Algodón en rama.

Proceso.—1.º *Preparación del cátodo y del líquido electrolítico.*—Se usará, como pasta, una mezcla de parafina y cera de abejas (40 por 100 de cera de abejas). Esta mezcla se funde y se echa en un molde que puede hacerse de papel fuerte (a manera de las cajas de las mantecadas), procurando que luego la parte solidificada tenga unos dos centímetros de espesor. Una vez fría se separa del papel y se cubre su superficie con polvo de grafito, frotándola con el pincel de pelo de camello (1). Por último, se frota suavemente con la yema de los dedos, con objeto de quitar los granos gruesos del grafito. La cera no debe estar ni muy dura ni muy blanda. Entonces se recubre de polvo de grafito el objeto que se quiera reproducir y se presiona éste fuertemente sobre el molde de cera anteriormente preparado, bien sea con la mano o con una prensa. Cuando esté bien incrustado, con ayuda de una navaja se corta el molde alrededor del objeto, dejando tan sólo unos dos centímetros de margen. Se quita el objeto levantándolo con la punta de la navaja. Si ha quedado algo de cera adherida se puede limpiar disolviéndola con alcohol.

(1) No se empleará pincel de pelo corriente porque rayará la superficie.

En este molde así preparado se incrusta un aro de alambre de cobre, algo grueso, que tenga una alargadera que pueda servir luego para sostener el cátodo. Para hacer bien esta incrustación conviene calentar un poco dicho aro, pero sólo un poco para evitar que la cera llegue a fundir.

Una vez frío el molde se raspa con la navaja la parte superior del aro para dejar su superficie bien brillante y entonces, echando en el centro del molde polvo de grafito, se frota bien por todos los lados, pero principalmente en la unión del aro con la cera, para asegurar un buen contacto entre ésta y la capa de grafito. La parte fuera del aro se limpiará bien de grafito para que no haya luego depósito metálico.

En el extremo del molde opuesto a la alargadera del aro, y por la parte posterior, se incrusta un pedazo de plomo a fin de que el molde no pueda luego flotar en el electrolito.

Electrolito.—Se preparará una disolución saturada de sulfato cúprico que tenga una densidad de 20° Beaumé. Esto se conseguirá agregando a la disolución saturada de sulfato, agua o ácido sulfúrico hasta obtener dicha densidad. Conviene dejar la disolución en reposo dos o tres días y agregar un poco de almidón para mejorar el depósito.

Ánodo.—Se empleará una lámina de cobre de dimensión un poco mayor que la del cátodo.

2.º Se montará la cuba electrolítica colocando el cátodo y el ánodo a una distancia de unos 6 cm. El circuito lo constituirá la cuba electrolítica (fig. 19), un cuadro de lámparas en paralelo, un amperímetro y un reóstato. El número de lámparas colocadas en paralelo se variará hasta conseguir una densidad de corriente de 0,01 amperios por centímetro cuadrado.

3.º El depósito comenzará por el anillo, por presentar éste menos resistencia que el grafito. En cuanto haya un débil depósito metálico aumentará la intensidad y, para evitarlo, habrá que vigilar la marcha de la operación. Cuando toda la superficie esté cubierta de un depósito metálico se podrá aumentar un poco la intensidad, pero no debe hacerse mientras quede algo de grafito sin cubrir. La corriente se dejará pasar por lo menos veinticuatro horas, a fin de poder conseguir un depósito un poco grueso. No conviene sacar el cátodo muchas veces durante todo ese tiempo.

4.º El depósito metálico se separará del bloque de cera, tirando del alambre. Se lava bien con agua y, colocándolo en una cápsula, se funde la cera que haya podido quedar adherida. Si la superficie no quedase bien limpia, se puede dejar perfectamente brillante poniéndola al rojo, calentándola en la llama de un buen mechero y dejándola caer rápidamente en un vaso que contenga en el fondo algodón en rama empapado en alcohol metílico.

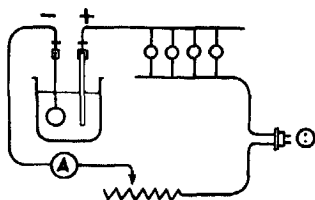


FIG. 19

14 PRÁCTICA.—Polarización en las pilas

Material necesario.—Amperímetro que aprecie décimas de amperio.—Voltímetro que aprecie décimas de voltio.—Láminas de cinc y de cobre de la forma de la figura 20, de 3×10 cm. aproximadamente.—Vasos de precipitados de 250 y 500 c. c.—Disolución de sulfúrico al 10 por 100.—Alambre de cobre para conexiones.—Mercurio.—Pinzas de cobre, conforme indica el dibujo 21.—Pipeta de 5 c. c.—Vaso para hacer una pila Daniell.—Vaso poroso.—Dos pilas Leclanché.



FIG. 20

Proceso.—1.º *Pila de Volta.*—Se conecta primero el voltímetro con las láminas de cobre y de cinc y se introducen éstas en el vaso que contenga el agua acidulada con sulfúrico. Se anotará inmediatamente el voltaje. Se sacan rápidamente las láminas del vaso y, sustituyendo el voltímetro por el amperímetro, se vuelven a sumergir en el agua acidulada. Se anotará el amperaje. Mientras las láminas se verá hay en ambas desprendimiento de burbujas, y este desprendimiento cesa en la de cobre si se interrumpe el circuito, pero continúa en la de cinc. Se vuelven a sacar las láminas y la de cobre se limpia con un paño. La de cinc se amalgama, lavándola bien con ácido sulfúrico diluido, frotándola luego, aún húmeda, con mercurio. La amalgamación deberá proseguirse hasta que quede bien brillante su superficie, sobre todo la que va a quedar introducida en el ácido. Se vuelven a introducir las láminas (que se habrán conectado con el voltímetro) en el ácido y se observará no hay variación de potencial en relación con el caso anterior. Se sustituye el voltímetro por el amperímetro y se observará inmediatamente la desviación de la aguja. Las lecturas en el amperímetro y en el voltímetro serán iguales a las obtenidas cuando la lámina de cinc no estaba amalgamada. Al interrumpir el circuito se observará que ahora en el cinc amalgamado hay tan sólo un pequeño desprendimiento de burbujas.



FIG. 21

Para que todas las experiencias que se hagan en esta práctica sean comparables es necesario que siempre se sumerja la misma superficie de las láminas y se coloquen éstas a la misma distancia.

2.º *Influencia del tamaño de las láminas y de su distancia en la resistencia interna de la pila.*—Se hace el montaje de la experiencia anterior utilizando un vaso mayor y colocando las láminas de cobre y de cinc amalgamado lo más lejos posible una de otra. En estas condiciones se hará la lectura del amperímetro. Manteniendo las láminas a la misma distancia, se levantarán hasta dejar solamente sumergidas en el ácido un centímetro de altura y se volverá a hacer la lectura del amperímetro. Al subir las láminas y quedar en contacto con el ácido menor superficie, es como si se hubiese construido una pila con láminas de menor tamaño. En cada una de estas construcciones se instalará el voltímetro y se verá que sus indicaciones no varían.

Se vuelven a introducir las láminas lo mismo que en las experiencias anteriores y, aproximándolas unas a otras, se harán nuevas lecturas de los aparatos de medida para cada distancia de separación. Aplicando la ley de Ohm a cada caso reseñado, se verá cómo varía la resistencia de la pila con la distancia entre aquéllas.

3.º *Polarización*.—Se vuelve a montar la pila de Volta empleando la lámina de cinc amalgamada, una nueva disolución de ácido sulfúrico y nueva lámina de cobre bien pulimentada y brillante (1). Se hace el montaje con el amperímetro e introduciendo las láminas en el ácido se hace la lectura inmediata de aquél. Se deja pasar la corriente diez minutos y se observará la disminución de intensidad. Se saca entonces la lámina de cobre de la disolución sin quitar las uniones y, frotando la superficie de ésta para hacer desaparecer la mayor parte de las burbujas que estaban adheridas a la superficie, se vuelve a introducir en el vaso y se anotará, lo más rápidamente posible, la intensidad de la corriente. ¿Qué efecto tiene el hidrógeno adherido a la lámina en la intensidad de la corriente?

Se deja ahora funcionando la pila hasta que la intensidad de la corriente vuelva a disminuir y entonces se sustituye la lámina de cinc, sin tocar para nada la lámina de cobre, por otra de cobre bien pulimentada y limpia. Se observará cuidadosamente el amperímetro. ¿En qué sentido se produce la corriente ahora? Se saca de nuevo la lámina de cobre, se frota un poco su superficie con un paño y se vuelve a sumergir en el vaso. Se anotará la lectura del amperímetro.

Se vuelve a montar la pila con la lámina de cinc amalgamado y la de cobre, manteniendo igual el montaje que en el caso anterior. Se esperará a que la corriente se reduzca lo más posible y, una vez conseguido, se agregarán con auxilio de una pipeta 5 c. c. de disolución saturada de sulfato de cobre, alrededor de la lámina de cobre. Se verá el efecto que esto produce en el amperímetro.

Por último, se repite el experimento anterior empleando láminas de carbón en lugar de láminas de cobre y agregando, una vez polarizada la pila, 5 c. c. de disolución de cromato potásico en lugar de la de sulfato de cobre.

4.º *Pila Daniell*.—En un vaso de 500 c. c. se echa ácido sulfúrico al 10 por 100 y se introduce en él un cilindro de cinc amalgamado, colocando en su centro una lámina de cobre. Cerrado el circuito con el voltímetro, se verá el mismo voltaje que en la pila anterior. Se sustituye el voltímetro por el amperímetro y se anota la intensidad. Se saca la lámina de cobre,

(1) Puede también utilizarse la lámina de la experiencia anterior, limpiándola bien. Para ello da muy buen resultado el calentarla al rojo, para que se oxide su superficie, y aún bien caliente introducirla en un vaso que contenga algodón en rama empapado en alcohol metílico.

se introduce en el centro del cilindro de cinc un vaso poroso, se echa en su interior agua acidulada y se introduce la lámina de cobre. En estas condiciones se anotarán las medidas del amperímetro y del voltímetro. Para que podamos comparar las observaciones con las anteriores, hay que hacer que las láminas queden igualmente sumergidas que antes. El voltaje no habrá variado, pero sí habrán disminuido los amperios, por haber aumentado la resistencia interna. Se deja pasar la corriente algún tiempo y se verá que en este caso también hay polarización. El vaso poroso no la impide.

Se vacía el vaso poroso y se llena hasta el mismo nivel de disolución saturada de sulfato de cobre. Se sumerge en su centro la lámina de cobre y se coloca el conjunto dentro del vaso que contiene el cinc y el sulfúrico. Se conectan las láminas con el voltímetro y se observará un nuevo potencial. *Estamos en presencia de una nueva pila.* Se conecta ahora el amperímetro y se observará que en este caso no hay polarización. Se mantiene la corriente durante 10-15 minutos para cerciorarse de ello y se saca luego la lámina de cobre, en la que se observará un depósito de este metal. ¿A qué es debido este depósito?

15 PRÁCTICA.—Formación de un acumulador

Material necesario.—Láminas de plomo de la forma de la figura 20.—Papel esmeril.—Vaso de precipitados de 250 c. c.—Alambres para conexiones.—Ácido sulfúrico.—Voltímetro (0-5 voltios, divididos en décimas).—Amperímetro que aprecie centésimas de amperio.—Amperímetro (0-2, dividido en décimas).—Dos reóstatos que dejen pasar como máximo un amperio.—Tubo de pegaform.—Minio.—Protóxido de plomo.

Proceso.—Se limpian bien las láminas de plomo con papel esmeril y se introducen en un vaso de precipitados que contenga una disolución de ácido sulfúrico (un volumen de ácido y 5 de agua). Las láminas deberán quedar completamente cubiertas y que no sobresalgan del líquido más que las lengüetas. Las dos láminas se mantendrán paralelas y fijas a una distancia de 5 cm. Con ayuda de una navaja se marcará el signo + en la lengüeta de una de las láminas y el — en la otra. Con este vaso de precipitados se hace el montaje de la figura 22. Se conecta el circuito con la corriente de forma que la lámina marcada con el signo + esté en comunicación con el polo + de la corriente y se gradúa el reostato de forma que pase una corriente de 0,5 amperios durante cinco minutos. Al cabo de ellos se abre la llave E y se observará que el voltímetro V marcará cerca de 2 voltios. Cerrando D se observará en el amperímetro A' el paso de una corriente que será de sentido opuesto a la anterior. Se mantendrá este circuito cerrado hasta que la aguja del amperímetro A' esté en el cero. La primera vez sucederá esto muy pronto. Se vuelve a abrir

la llave D y cerrar E, con lo cual volveremos a cargar el acumulador como al principio. Se tiene la corriente pasando cinco minutos y volveremos a abrir E y cerrar D, con lo cual se volverá a descargar. Estas cargas y descargas se repiten hasta unas 20 veces. A partir de la tercera o cuarta descarga se interrumpirá ésta tan pronto como el voltímetro marque tan sólo 1,8 voltios. En cada descarga se anotarán, al principio y al final, las lecturas del amperímetro y del voltímetro, así como el tiempo que dura la descarga, para ver así cómo va nuevamente la capacidad del acumulador elemental que se está formando.

Se carga ahora este acumulador, anotando la desviación del amperímetro, del voltímetro y el tiempo que dura el paso de la corriente de carga. Con estos datos se calcula la energía cedida al acumulador. Abriendo la llave C se desconecta la lámina positiva, se la lava con agua destilada y se seca al aire. Se observará tiene color de chocolate. Se monta otra vez la lámina en su sitio, y teniendo la llave E abierta y cerrada la D se descarga el acumulador, anotando durante la descarga la desviación del amperímetro, la del voltímetro y el tiempo que dura el paso de la corriente. Con estos datos se calculará la capacidad del acumulador.

Conociendo la energía utilizada en la carga y la cedida en la descarga se hallará el rendimiento.

Cortadas dos láminas de plomo iguales a las anteriores se cubre la superficie de una de ellas con una capa de minio y de protóxido de plomo, la otra. Para pegar dicha capa da buen resultado el pegaform. Con ellas se monta la cuba electrolítica, colocando como lámina positiva la que tiene el minio. Se carga este acumulador en las mismas condiciones que en la experiencia anterior, es decir, con corriente de 0,5 amperios, y se pasa la corriente cinco minutos. Se descarga de la misma manera, anotando el voltaje, amperaje y tiempo de descarga en la misma forma a lo hecho con las láminas de plomo. Este proceso de carga y descarga se repetirá varias veces y muy pronto se podrá observar, comparando los resultados con los obtenidos en el caso anterior, que ahora se consigue mucho antes mayor capacidad del acumulador. Después de haberle cargado y descargado varias veces se hace una nueva carga con todo cuidado, y terminada ésta se sacan las láminas, se sumergen varias veces en un vaso con agua destilada a fin de quitarlas el ácido, y se dejan secar al aire. La lámina positiva habrá tomado color de chocolate por el PbO_2 formado.

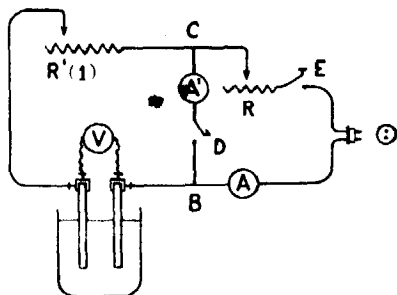


FIG. 22

(1) Esta resistencia debe ser pequeña para que la intensidad de descarga sea apreciable.

Introduciéndolas ahora en agua acidulada se descargará el acumulador, anotando bien el voltaje y el amperaje del principio y fin de la descarga y el tiempo de ésta. Con estos datos se calculará la capacidad del acumulador formado y se comparará con el resultado obtenido en el primer experimento.

16 PRÁCTICA.—*Volumen ocupado por la molécula gramo de oxígeno*

Material necesario.—Matraz Erlenmeyer de 500 c. c.—Tubo de ensayo Pirex.—Vaso de precipitado de 300-350 c. c.—Probeta graduada.—Tapones de goma para el tubo de ensayo y para el matraz.—Tubos de vidrio.—Gomas para uniones.—Pinza de presión.—Balanza y caja de pesas.—Barómetro y termómetro.—Arenas.—Bióxido de manganeso.—Clorato potásico. Soportes.—Triángulo de tierra de pipa.—Mechero Bunsen.—Crisol de porcelana.

Proceso.—1.º Se monta el aparato de la figura 23 usando tapones de goma y gomas que sujeten fuertemente los tubos (es necesario que el cierre del aparato sea perfecto). Se calientan en un crisol unos tres gramos de arena y 0,5 gramos de bióxido de

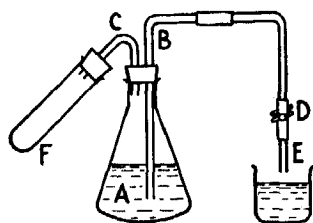


FIG. 23

manganeso, a fin de destruir toda la sustancia orgánica que puedan contener. Se pesan exactamente alrededor de 2 gramos de clorato potásico y bien mezclados con la arena y el bióxido de manganeso se echan en el tubo de ensayo. Entonces se pesará éste al centigramo.

2.º Se llena ahora de agua el matraz A, se ceba el sifón B soplando por el extremo C, y una vez cebado se cerrará la pinza D y se colocará el tubo que contiene el clorato potásico en el montaje. Se introduce ahora el extremo E en un vaso con agua y se levanta éste hasta que el nivel del líquido sea el mismo en el interior del matraz que en el vaso. Se abrirá ahora la llave D y así se conseguirá que el aire que contiene el tubo F y el que hay en el matraz A estén a la presión atmosférica. Conseguido esto se cierra la pinza D, se coloca debajo del tubo E un vaso vacío y se vuelve a abrir la llave D. El líquido no deberá sifonar, si las operaciones anteriores han sido hechas. En caso de que caiga agua por el sifón habrá que repetir la operación.

3.º Una vez preparado el aparato se calentará el tubo F, continuando su calentamiento hasta que no salgan más gotas de agua por el extremo del tubo E. Se deja entonces enfriar el tubo F, teniendo el extremo E dentro del agua del vaso, y se cierra D.

4.º Se pesará el tubo F y se medirá el agua recogida en el vaso G. Este volumen será el del oxígeno desprendido del clorato potásico, a la temperatura de la habitación. Habrá necesidad de reducirlo a las condiciones normales haciendo las correcciones de presión, temperatura y presión de vapor.