

de los más notables maestros americanos, que desean y trabajan por una *educación intelectual y ética* en el seno del utilitarismo.

El procedimiento constructivo, es la restricción natural y eficaz que deben tener los trabajos manuales en la escuela. No queremos el predominio del fin material sobre el fin formal. Al contrario, el fin formal debe ser el alma de toda enseñanza. Cuando el niño gradúa una regla de partes iguales, cuando mide las distancias con tres elementos conocidos; cuando calcula las pendientes valiéndose del transportador y la plomada; cuando construye un receptor, una botella de Leyden ó calcula una palanca, el fin formal como la bandera almirante de la idea, sonrío satisfecho sobre las nacientes facultades sin perturbar el ideal de la educación.

Apliquemos los principios sanos, maestros, formando el corazón y la idea, la voluntad y el carácter como último objeto de nuestra árdua labor.

## CAPITULO IX.

### QUÍMICA.

Fines: material y formal.

Principio: de lo concreto á lo abstracto.

Resumen.—1. Fines que persigue esta materia.—2 Marcha genética.—3. Marchas analítica y sintética.—4. Procedimiento gráfico.—5. Los símbolos.—6. Leyes de las combinaciones químicas.—7. Teoría atómica.—8 Observaciones al curso de las lecciones.—9. Carta química.

1. FINES.—Actualmente la Química en las escuelas primarias, se reduce á un corto número de experimen-

tos sin plan ni método, es decir, en el desarrollo del programa no se observan los preceptos de marcha y forma de la enseñanza. Estos experimentos, además, se reducen á su forma más elemental. El maestro prepara el hidrógeno, el oxígeno, el gas ácido carbónico y por una sola vez enumera propiedades, utilidad para las artes é industrias, y el alumno no conoce las substancias sino imperfectamente, porque sin tener una base sólida, ya se le habla de símbolos, equivalencias y productos. De igual defecto adolecen los pequeños libros elementales y que son la verdadera fuente donde los niños aprenden de memoria con muy pocos resultados pedagógicos.

El fin material, por lo mismo, es imperfecto, porque el educando no puede darse cuenta del por qué de los símbolos y combinaciones si no se le dirige por un camino seguro en consonancia con el desarrollo de su mente.

El fin formal también es defectuoso, porque el alma observa poco y ejecuta menos; no siente por lo mismo gran amor á este género de saber, y tal vez de fecundo que es el ramo de enseñanza, tórnase estéril porque la nomenclatura y el gran número de datos cansan la imaginación del niño.

Para que estos dos fines marchen paralelamente porque ambos son de capital importancia, es necesario que tanto las *marchas* como la *forma* y los *procedimientos*, sean aplicables con prudencia y con juicio. Esto nos obliga á decir dos palabras con respecto á las *marchas*, formas y procedimientos.

2. MARCHA GENÉTICA.—Para aplicar la marcha genética, como es natural, retrocedemos á los orígenes de esta ciencia á fin de atraer toda la atención de los oyentes en el momento oportuno. El maestro no olvidará que su deber es enseñar agradablemente como

han pedido los educadores más célebres. Con Fenelón pensamos: “mezclad la instrucción con el juego” y con John Locke, creemos que “el que desee atraer la atención de la juventud debe revestir su relato con la forma más agradable que pueda.” Y en la Química, esta forma más amena se realiza aplicando la marcha genética.

En todos los tiempos y en todos los pueblos los hombres se han preocupado por conocer la naturaleza en que viven y de la que forman parte. Por estas preocupaciones rudimentarias han nacido cierto grupo de supersticiones. Los indos, medas, persas, caldeos, egipcios y griegos en las edades antiguas nos legaron con la Astrología, los misterios de la nigromancia y el horóscopo, los sentidos y las palabras cabalísticas. La esfinge frente á las pirámides, con su cabeza de mujer, cuerpo de toro, garras de león y alas de águila, es un símbolo como Hércules en Grecia, ó como la víctima horrenda del noble y altísimo corazón de Edipo. Y á través de estos símbolos se ocultan los magos directores del pueblo y depositarios de la ciencia. Los siglos pasan y cuando el hombre cree haber dominado la Naturaleza, se siente creador y nace la Alquimia.

Para dar más detalles seguimos en estos párrafos al Dr. Eduardo L. Youmans: “Las personas pensadoras jamás se contentan con *apariencias*, sino que buscan *razones* y *causas*. Esto fué precisamente lo que sucedió en los más remotos tiempos respecto de los objetos de la Naturaleza: en vez de creer que eran lo que parecían ser, se les consideró como resultados de diferentes combinaciones, de cuatro elementos: fuego, aire, tierra y agua; hipótesis que sirvió de clave durante millares de años para explicar las propiedades y los cambios de todas las substancias, tanto animadas como inanimadas.”

“Esta teoría no dejaba de ser filosófica. Todos los cuerpos, se decía, deben ser calientes ó fríos, húmedos ó secos. Estas son propiedades fundamentales, y sus diversas combinaciones los cuatro elementos de la siguiente manera:

La sequedad y el calor producen <i>fuego.</i>	El calor y la humedad <i>aire.</i>	La humedad y el frío <i>agua.</i>	La sequedad y el frío <i>tierra.</i>
--	--	---	--

“Estos elementos son mutuamente convertibles por medio del cambio de sus propiedades. Por ejemplo, si se agrega *frío* al *aire*, destruye su calor y lo convierte en *agua*; si se substituye la sequedad á la humedad, se convierte el agua en tierra, mientras que, invirtiendo estos cambios, la tierra se convierte en agua y el agua en aire. No es extraño, pues, que se supusiese que por medio de la *comunicación de propiedades*, podían producirse todas las cosas dando su esencia á cada cuerpo el elemento que en él predominase.”

“La filosofía había enseñado durante siglos enteros que las propiedades de la materia son transferibles; “Transfiramos, pues—se dijeron los alquimistas—al plomo y al hierro las propiedades del oro!” Ellos consideraban, naturalmente, como metales, todos los cuerpos que tenían la apariencia y el lustre de tales y llamaban *preciosos* ó *perfectos* á los que conservaban ese lustre cuando se les exponía al fuego, y *bajos* á los que perdían el lustre y la maleabilidad por la acción del calor.”

“Estas opiniones no eran de todo punto arbitrarias é infundadas, sino que ciertos hechos las corroboraban al parecer. Los alquimistas veían que el mineral de

plomo—*galena*—tenía el lustre metálico y el color del plomo, y naturalmente creyeron que era metal; pero sometido á la acción del fuego, producía azufre, y al mismo tiempo todas sus propiedades metálicas—lustre, maleabilidad, fusibilidad—se aumentaban, por lo cual llegaba á ser verdadero plomo, ó un metal perfecto. ¿Qué cosa más natural que suponer que mediante la separación de otro poco de azufre, podría purificársele más aún hasta convertirle en plata? Y cuando sometiéndole de nuevo á la acción del fuego, *se le extrajo cierta cantidad de plata*, en la cual se vieron ciertos vestigios de oro, nada de extraño tiene que el alquimista creyese de buena fe haber creado los tres metales, y se lisonjease con la esperanza de convertir en oro toda su galena, luego que perfeccionase la operación.”

“Ocurrióseles entre otras cosas, que los metales crecían como las plantas, y que la piedra filosofal no era, por consiguiente, sino la *semilla del oro*. “¿No transforma la fermentación—se decían—los dulces jugos de las plantas en la rejuvenecedora *agua de vida* (*aqua vite*, alcohol)? ¿No convierte la digestión en sangre el alimento?”

“Los alquimistas llevaron su teoría mucho más lejos aún. Partiendo de la suposición de que fuese posible transformar los metales, imaginaron en su entusiasmo que el mágico poder del agente transformador no debía reconocer límites; que también sería posible hacer otras transmutaciones, como la de la debilidad, el dolor, la enfermedad, en constante salud, en robustez, de manera que la piedra fundamental fuese también *una panacea universal*, y, lo que es más, que pudiese cambiar la decrepitud de la ancianidad, en el vigor y fuerza de la juventud, viniendo á ser así un verdadero *elixir de vida*.”

“Con tales ideas, los alquimistas redoblaron sus esfuerzos en busca de la piedra divina origen de todas las transmutaciones; pero al hacer los experimentos muchas veces fueron heridos gravemente en las explosiones. Supusieron entonces que las transmutaciones se hacían con la ayuda de espíritus invisibles que estaban de *buen ó mal humor*, según el resultado de las experiencias. Los alquimistas holandeses llamaron á estos agentes *gohast*, impalpable, invisible, espíritu, y era necesario tenerlos contentos para que no salieran de los frascos. De aquí las costumbres de pronunciar palabras misteriosas. Los alquimistas cristianos siempre pusieron una cruz en sus retortas y frascos para atemorizar á los *gast ó geist* donde suponían que estaban apisionados.”

“Buscando la piedra filosofal, un monje alemán, Basilio Valentín, quien vivió á principios del siglo XV, descubrió las propiedades medicinales del antimonio, llamado por los latinos *stibinum* (*stibium*). Según la leyenda, el monje preocupado con este metal que había logrado aislar lo suministró á unos cerdos para observar sus efectos como *piedra filosofal*. Obró como un enérgico purgante; pero dichos animales adquirieron luego una salud y un vigor notables. Creyó el monje estar en posesión de la piedra filosofal aplicable á la salud, suministrándole en alta dosis en la comida, á todos los monjes de la comunidad. El resultado fué desastroso. Casi todos los monjes de la comunidad, murieron víctimas del preservativo y de ahí el nombre de *antimoin* ó mata monjes.”

“Un zapatero remendón de Bolonia, llamado Casariolo, que dividía su tiempo entre los zapatos viejos y la Alquimia, descubrió en una de sus correrías una piedra pesada llamada *sulfato de barita*, y sometiéndola á varios experimentos obtuvo, en vez de oro, una

extraordinaria sustancia, "un imán luminoso" que absorbía los rayos del sol de día, para emitirlos por la noche. El pobre zapatero no cabía en sí de gozo y de asombro, pues se figuraba que si aquel raro cuerpo podía absorber los *dorados* rayos del sol, lo mismo podía *convertir* los metales comunes en *oro*—el sol de los alquimistas."

"Cierta día el alquimista hamburgués, Brandt, reflexionando acerca del color amarillo de la orina, se le ocurrió que ésta contenía acaso algún principio creador de oro y dedicándose inmediatamente á hacer experimentos, al cabo de largos años de incesante trabajo descubrió no el oro, sino el fósforo!" (\*)

"De la misma manera empeñáronse los alquimistas en descubrir un disolvente universal, y aunque no lo lograron, descubrieron varios disolventes poderosos, tales como los ácidos sulfúrico, nítrico y muriático, que tan útiles han sido luego á las artes de la civilización. Y así también los esfuerzos que hicieron para descubrir el *elixir de vida*, revelaron muchas sustancias preciosas para aliviar los padecimientos y aumentar los goces del género humano."

Pero no obstante los descubrimientos que hacían los alquimistas patentizando las verdades de cuerpos simples y compuestos, las teorías de la transmutación no cedían un palmo de terreno, hasta que apareció el genio del desventurado Antonio Lorenzo Lavoisier en el siglo XVIII, quien demostró en una serie de conferencias públicas que el *agua* no puede ser convertida en tierra y arrojó por el suelo las antiguas teorías poniendo la base de la moderna Química, y con el uso de la

(\*) Brandt descubrió el fósforo en el año de 1669 y los alquimistas que lo preparaban después, lo llamaron *hijo de Satanás* porque ardía y quemaba furiosamente.

balanza, evidenciando que nada se pierde ni nada se crea en las combinaciones naturales.

La marcha genética es, por lo mismo, la introducción de la enseñanza.

3. MARCHAS ANALÍTICA Y SINTÉTICA.—En su aplicación pedagógica, estas marchas tienen un significado muy semejante al que les da la química, ir del todo á las partes y de las partes al todo; pero sabido es que en el riguroso sentido que la ciencia le asigna en química, lo que es un precepto general en Pedagogía, reviste el carácter de método químico, dividiéndose en análisis *cualitativo y cuantitativo* según se trata de averiguar de qué elementos está compuesto un cuerpo ó en qué proporciones entran estos elementos.

4. PROCEDIMIENTO GRÁFICO.—El procedimiento gráfico es el predominante en las primeras lecciones de química. Unos cuantos ejemplos bastarán para evidenciar su utilidad.

Supongamos que se trata de explicar el fenómeno químico de la llama de una lámpara y del soplete, cuando los niños han conocido por lo menos el hidrógeno y el oxígeno.

La combinación química no la puede ver el alumno, y por lo mismo es indispensable que el maestro le hable á su espíritu, con la mayor claridad posible.

Con la observación directa, v. g., si él observa que el pábilo queda sin consumirse durante cierto tiempo en el interior de la llama, no puede haber fuego. Las tres zonas que aparecen en la fig. 1, corresponden al orden de combustión que depende de las afinidades y que constituye el hecho primordial del alumbrado. En la fig. 1, a/ representa el núcleo del vapor hidrocarbonado. Si el oxígeno exterior tuviese la misma afinidad por los dos elementos del hidrocarburo, éstos se consumirían de una vez desprendiendo escasa luz;

pero el oxígeno del aire en la corriente simulada en la fig. 2, descompone los gases, apoderándose del hidrógeno para formar agua y deja la zona b/ (fig. 1) in-



Fig. 1.

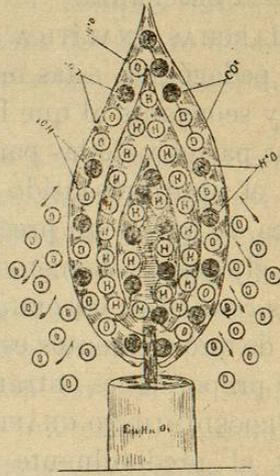


Fig. 2.

tensamente calentada, y las partículas de carbono desprendidas y calentadas hasta el blanco producen *el movimiento de la luz*. El carbono libre en la tercera zona se combina con dos átomos de oxígeno, formando gas ácido carbónico, de modo que en la llama podemos distinguir tres zonas distintas: 1ª zona de gases no quemados; 2ª zona del hidrógeno ardiendo y 3ª zona del carbono incandescente. En la segunda zona del cono luminoso el oxígeno huye, y por esta razón, un óxido metálico en esta zona pierde su oxígeno, reduciéndose á metal puro, causa por la cual se llama *zona reductora*; por el contrario, en la tercera zona el oxígeno se combina y si ponemos un metal en ella lo oxida, por lo cual se llama *zona de oxidación ó llama oxidante*. A la explicación debe asociarse el experimento.

Un segundo caso patentizará más la importancia del procedimiento gráfico.

En las lecciones de física supongamos que se ha

hablado de la corriente voltaica y que con los niños al frente hemos hecho el experimento que nos indica la figura 3.

Los niños solamente saben que poniendo en una vasija que contenga agua y una ligera cantidad de ácido sulfúrico, dos láminas, una de zinc y la otra de cobre, el ácido contenido en el agua se debilita; la lámina de zinc se corroe y se ven desprenderse de la su-

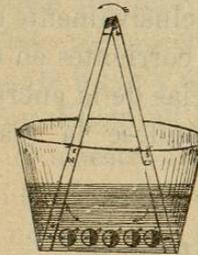


Fig. 3.

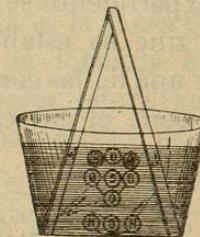


Fig. 4.

perficie del cobre una porción de burbujas de gas. Si se separan los metales cesa al punto la acción, y si se hace el experimento en la obscuridad se verá una pequeñísima chispa. La fuerza eléctrica al parecer gira en dirección de las saetas. Por supuesto que el alumno ha recibido antes una serie de lecciones para hacer la distinción de electricidad positiva, negativa, polos, etc.

Hasta aquí el experimento físico. Veamos qué nos dice la química.

Sabemos que el agua se descompone en presencia del zinc y del ácido sulfúrico; pero queremos tener una explicación más clara de lo que significa ese término, *corriente*.

Cada molécula de agua la consideramos compuesta de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Por otra parte, la barra de cobre comunica una cantidad de fuerza adicional á la barra de zinc, y ésta, en el extre-

mo positivo tiene una energía suficiente para desprender el oxígeno negativo y rechazar el átomo de hidrógeno. Simultáneamente esta operación se verifica con millones de átomos y la energía adicionada sobre el extremo negativo del cobre, es suficiente para que esta sea conducida por la barra que al escaparse por su congénere de zinc produce la luz y establece la corriente, quedando en libertad gran parte del hidrógeno.

Si el experimento se hace exclusivamente con limaduras de zinc, se establecerán corrientes en el mismo líquido y una de las consecuencias de la energía transformada será el calor, verificándose la reacción siguiente:

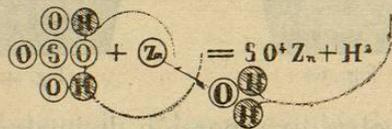


Fig. 5

Como se ve, insensiblemente, usando el procedimiento gráfico, puede el maestro pasar del fenómeno á la fórmula. Más todavía: en el lazo de unión que liga las fuerzas físicas y las combinaciones químicas, ilustrando las teorías con la representación visible de los átomos, dan una idea en el microcosmos, de las atracciones y repulsiones semejantes á las atracciones y repulsiones del macrocosmos, en el maravilloso equilibrio del universo.

5. LOS SÍMBOLOS.—La enseñanza de los símbolos debe hacerse cuidadosamente, procurando siempre asociar á la idea innata que se tenga del cuerpo, es decir, después de haber observado sus propiedades físicas y químicas, la significación etimológica de la palabra designadora de la substancia en cuestión, y por último el signo representante ó símbolo del cuerpo.

Esta importancia es cuestión psicológica. Ninguna percepción queda fija en el cerebro, si no se repite con frecuencia y con estímulo fuerte, y muchas veces esta percepción queda indefinida y vaga. Así pasa con todo objeto que hiere los sentidos, y si esto sucede con las impresiones directas y naturales, cuyos símbolos son las imágenes de las cosas mismas, ¿qué no podrá acontecer en el espíritu, cuando se trata de fijar signos convencionales que ninguna relación similar tienen con las cosas que representan?

Es preciso reconocer que esta es la causa por la cual el estudiante huye y aborrece la fórmula química y retiene con dificultad los símbolos; pero el mal se remedia si el maestro hace su enseñanza intuitiva.

Obtenido el cuerpo en cuestión, como hemos dicho, desde el nombre, y si felizmente existen algunas relaciones, dense á conocer también. Después el símbolo representante para que el alumno al coleccionar guarde en sus notas diarias ligeros resúmenes como el presente:

Nombres.	ORIGENES	Símbolos.
HIDRÓGENO.	Del griego HYDÔR, Agua y GENAÔO, yo engendro.	H.
OXÍGENO.	Del griego OXYS, ácido y GENAÔO, engendrar.	O.
AZOE (Nitrógeno)	A, partícula privativa y ZOÉ, vida (gas matador)	Az. (N.)
CORO.	Del griego CHLOROS, verde, verdoso.	Cl.
FÓSFORO.	Del griego PHÔS, PHÔTOS, la luz, el fuego y PHËR.S, el que lleva, es decir, porta-luz, que lleva luz.	PH.

Insistimos que estos símbolos sean fijados en la mente del niño con toda claridad, y no como se acostum-