LA ENSEÑANZA ELEMENTAL DE LA FÍSICA

Y DE LA QUÍMICA EN INGLATERRA

POR

EDMUNDO LOZANO

MUSEO PEDAGÓGICO NACIONAL · MADRID ·

En 1835, el Gobierno británico creó algunas Escuelas bajo la dirección de la Junta de Comercio, con el propósito de popularizar el Arte y las Ciencias entre las clases manufactureras. Esta enseñanza se inició por exigencias industriales y en provecho de alumnos adultos; su carácter fué exclusivamente instructivo. Desde esta época, la enseñanza elemental de las Ciencias ha seguido el mismo proceso lento de ensayos y tanteos que caracteriza el desarrollo de la enseñanza en Inglaterra. Ha penetrado en la Escuela elemental, pero solamente en los últimos grados—*Standards*—; y en la Escuela elemental superior—*Higher Elementary School*—, únicamente con carácter de enseñanza especial voluntaria. En particular, en la Escuela elemental el programa de Ciencias no pasa del «Estudio de la Naturaleza» —*Nature Study*—, enseñanza que difiere de las lecciones de cosas en que versa únicamente sobre seres naturales familiares al niño; no se enseña la Química, y la Física se reduce á la determinación de pesos, volúmenes y pesos específicos, relacionando esta labor con la enseñanza de la Aritmética.

Alumnos de ambos sexos escogidos entre los más capaces de las Escuelas elementales, ingresan, á los doce años, en la Escuela elemental superior, donde completan su educación escolar en tres años; si algún alumno ofrece aptitud especial, su estancia en la Escuela se prolonga un año más. El programa obligatorio de estas Escuelas abarca el estudio del idioma y literatura inglesa, matemáticas elementales, historia y geografía; el dibujo, *ciencias*, trabajos manuales y labores domésticas, constituyen enseñanzas *especiales* que, para cada alumno, se supeditan al carácter de sus ocupaciones futuras.

La enseñanza de la Física y de la Química en la Escuela elemental superior, se distribuye en un curso preparatorio y

tres más graduados. En la *nota I* transcribo el programa de Física y Química en uso en West Square Higher Elementary School, copiado de uno de los cuadernos de notas del Laboratorio, exhibidos en la Exposición anglo-francesa.

Considerado el *contenido* de los programas, desde luego se echa de ver su extraordinaria pobreza. El de Física no incluye la acústica, óptica, ni la electricidad; en el de Química no se mencionan ácidos tan importantes como el sulfúrico y nítrico, ni tampoco los metales usuales y compuestos orgánicos. Mas, para discernir el mérito de estos programas, es preciso tener en cuenta el carácter de la enseñanza de las Ciencias en las Escuelas inglesas.

En 1887, la Asociación británica nombró una Comisión para investigar los métodos empleados en Inglaterra para la enseñanza de la Química. En el notable informe publicado por esta Comisión dos años después, se determina con toda claridad el carácter que la enseñanza de las Ciencias debe tener en la Escuela elemental.

Los elementos de las Ciencias físicas, se dice en el informe, deben enseñarse, desde el primer momento, como una forma de educación mental y no únicamente como medio de adquirir conocimientos útiles. El alumno, en lugar de recibir la enseñanza pasivamente, debe colocarse en «*actitud de descubridor*», siendo necesario que experimente, mida ó imagine hipótesis. Las lecciones deben referirse á asuntos que estén al alcance de la inteligencia del alumno y elegidos entre aquellos más familiares.

Con igual espíritu está hecho el notable *Memorandum* sobre la enseñanza de las Ciencias en las Escuelas de Escocia, presentado al Parlamento en 1908 por el Departamento de Enseñanza. — *Véase nota II.*

La correcta orientación pedagógica que revelan estos documentos interesantes, explica la brevedad de los programas de Física y Química; siendo la *extensión* del contenido cosa secundaria, se ha sacrificado la *cantidad* ó la *cualidad.*

En la práctica de la enseñanza no se llega en Inglaterra al nivel señalado en el *Memorandum* escocés.

La enseñanza está acompasada en un rígido programa, aunque se permite al Maestro cierta libertad en el tratamiento y desarrollo del detalle.

Arreglados á este programa se publican multitud de libros de texto que los alumnos utilizan de continuo, llegando en algunos casos á copiar la descripción de experimentos, y, cuando menos, los dibujos de los aparatos empleados (1). Es también práctica general que el Profesor no solamente ejecute los experimentos que los alumnos han de realizar en el Laboratorio, sino también que exponga su explicación ó teoría. Bien se ve que este método es defectuoso, pues que no estimula la iniciativa del alumno ni tampoco propende á formar el *hábito científico*, es decir, el espíritu de observación exacta, ordenada, sincera, y la facultad de interpretar y sistematizar los datos de la observación. No obstante, el buen sentido y la seriedad del Maestro inglés aminora estas deficiencias.—*Notas III y IV.*

En las Escuelas secundarias—cuyo carácter aún no está bien definido en Inglaterra—, los métodos empleados dependen, principalmente, de la futura profesión del alumno, y también de la orientación general que en cada Escuela se da á la enseñanza. Así, por ejemplo, en Saint Paul School, cuya labor principal consiste en la preparación de alumnos para las Escuelas militares, servicio civil del Estado, etc., la enseñanza de las Ciencias tiene carácter exclusivamente instructivo. El libro de texto y la lección oral preceden al trabajo de Laboratorio, el cual se utiliza para consolidar y retener conocimientos previamente adquiridos. *(Véase nota V.)* En Eaton, por el contrario, se procura, ante todo, estimular la iniciativa individual, la voluntad activa, y por esta razón se concede importancia fundamental al trabajo personal del alumno en el Laboratorio.

En conclusión, puede decirse que la enseñanza elemental de la Física y de la Química en Inglaterra, se encuentra aún en el período de ensayo. Después de una serie de tanteos que

---

(1) De aquí la extraordinaria uniformidad de los cuadernos de notas de Laboratorio exhibidos en la Exposición anglo-francesa.

durará más ó menos tiempo, es indudable que dicha enseñanza se incorporará al programa escolar en la medida que corresponde á su valor pedagógico.

NOTA I

Programa de Física y Química en uso en una de las escuelas de enseñanza elemental superior del Condado de Londres. (West Square Higher Elementary School.)

PREPARATORIO.

Física.—Medida de volúmenes; cubo. Cálculo del volumen de un prisma y de un cilindro. Medida del volumen de sólidos de forma irregular por desplazamiento de un líquido. Uso de la bureta; meniscos y su influencia en la lectura de niveles. Masa y peso. Balanza; principio en que se funda su construcción; pesas, múltiples y divisoras; cajas de pesas. Densidad de los líquidos; su determinación por el método del frasco; ídem mediante vasos comunicantes; ídem con un flotador de volumen conocido. Principio de Arquímedes; demostración con una balanza de resorte. Determinación de la densidad de los líquidos con la balanza hidrostática. Presión atmosférica; su determinación experimental. Barómetro; su construcción; diferentes clases de barómetros. Efectos del calor sobre los cuerpos. Termómetro; su construcción; graduación. Gráficas termométricas y barométricas.

Química.—Mechero de Bunsen; estudio de la llama mediante secciones practicadas con tela metálica. Métodos para conseguir la distribución uniforme del calor, baño de arena, baño maría, tela metálica, triángulo de arcilla refractaria. Solución; soluciones saturadas. Aguas salobres y aguas potables; residuos que el agua deja en las cafeteras; aire y otros gases disueltos en el agua. Líquidos solubles y líquidos insolubles. Solución de los gases en los líquidos; agua gaseosa. Separación de sólidos disueltos, mediante la evaporación del disolvente. Destilación; diferentes formas de alambique. Cristalización del alumbre. Filtración; construcción de los filtros de papel; modo

de decantar los líquidos. Acción del calor sobre los cuerpos en contacto del aire y sustraídos al mismo. Destilación seca del carbón, madera y papel; obtención de gases combustibles. Combustiones en espacio limitado; combustión de una bujía, del fósforo, dentro de una campana de vidrio invertida sobre agua. Efectos del calor sobre los metales; calentar plomo en contacto del aire; quemar hierro en una atmósfera de oxígeno. Cambios de estado.

Primer año.

Física:—Medida del tiempo; reloj de arena; reloj de agua; medir el tiempo quemando una bujía de longitud conocida; ídem por la sombra de dos bujías. El movimiento de la tierra hace cambiar la sombra de los objetos, en posición y longitud. Construcción del cuadrante solar. Determinación del peso por el método de sustitución; uso del *rider* ó caballero. Cálculo de la densidad empleando la fórmula $P = D \times V$. Densidad relativa; determinación de la densidad de los sólidos por el método del frasco. Densidad de los líquidos; tubo de Sprengel; densidad de líquidos volátiles. Termómetros; determinación de los puntos fijos; termómetro de aire, común y de Galileo.

Química.—Efectos que acompañan la disolución de los cuerpos; zinc en ácido sulfúrico; nitrato amónico en agua. Solubilidad de los sólidos; variación con la temperatura; caso del nitrato potásico. Solubilidad de los gases; decrece con el aumento de la temperatura; caso del ácido clorhídrico. Gráfica de la solubilidad del nitrato potásico, del cloruro sódico y del clorato potásico. Soluciones sólidas; aleaciones. Extructura regular; sistemas cristalinos. Agua de cristalización; ejemplo con el sulfato cúprico; pérdida del agua de cristalización. Cristales anhídros; cuarzo; diamante. Combustión; combustión de una bujía; producción de calor y luz. Efectos de la combustión sobre la composición del aire; el gas residuo no sirve para la combustión. Combustibles y comburentes; inversión de la llama del gas del alumbrado. Combustión espontánea del fósforo por evaporación de una solución en sulfuro de carbono. Indestructibilidad de la materia; experimento con una bujía, absorbiendo los productos de la combustión por la potasa

cáustica; otro experimento verificando una reacción en matraz cerrado y tasado (ioduro potásico + acetato de plomo). Efectos del calor sobre los cuerpos en contacto del aire. Caso del mercurio; obtener el óxido rojo y luego descomponerle estudiando el gas producido. Combustión lenta; fosforescencia (del fósforo) en espacio cerrado; análisis del aire residuo; oxidación de las limaduras de hierro en contacto del aire húmedo y confinado. Acción de los ácidos sobre los metales; ácido clorhídrico y zinc, ácido nítrico y cobre, ácido sulfúrico y cobre; observar los productos obtenidos.

Segundo año.

Física.—Pendulo simple; sus leyes, deducidas por experimento. Densidad máxima del agua. Demostración del principio de Arquímedes. Gravímetros, densímetros. Densidad de los gases. Fuerza, movimiento, aceleración; dinamómetros; representación gráfica de las fuerzas. Centro de gravedad, su determinación experimental. Máquina de Atwood; caída de los cuerpos, aceleración; definición mecánica de la masa. Palanca, polea, plano inclinado, tornillo. Nivel de los líquidos; nivel de agua; nivel de burbuja. Presiones ejercidas por los líquidos; principio de Pascal, aparato de Haldat; molinete hidráulico. Termómetro de máxima y de mínima.

Química.—Cambios físicos y químicos; combustión del magnesio. Elementos y sustancias compuestas. Investigación de la composición de las sustancias; análisis y síntesis. Acción del calor sobre la caliza; formar esta sustancia haciendo pasar una corriente de aire respirado por una solución de cal. Metales y metaloides. Mezcla y compuestos químicos. Ley de las proporciones definidas; ley de las proporciones múltiples. Hidrógeno; su obtención por la acción del sodio sobre el agua; por la del magnesio sobre el vapor de agua; por la acción del hierro, zinc, plomo y estaño sobre el vapor de agua al calor rojo; por la acción del ácido sulfúrico sobre el zinc; por electrolisis; propiedades del hidrógeno. Oxígeno; preparación por la descomposición de algunos peróxidos; por la acción del ácido su fúrico sobre el bióxido de manganeso; por la descomposición del clorato potásico; propiedades del oxígeno. Óxidos;

su nomenclatura. Anhídridos. Óxidos básicos; neutralización. Nitrógeno; preparación haciendo pasar una corriente de aire sobre cobre calentado al rojo; propiedades del nitrógeno. Atmósfera; su composición; impurezas que contiene la atmósfera. Cloro; su preparación por la acción del ácido clorhídrico sobre el bióxido de manganeso; descomposición del agua por el cloro; combustión de algunos metales en una atmósfera de cloro; ídem de algunos gases; blanqueo.

Tercer año.

Física.—Péndulo compensado; volante compensado. Movimiento acelerado; plano inclinado. Movimientos combinados; trayectoría real de una esfera que se mueve en un tubo que á la vez rueda por un plano inclinado. Ley de Boyle; deducción experimental y representación gráfica del resultado. Ley de Gay-Lussac. Determinación del coeficiente de dilatación de los gases. Difusión de los gases; experimentos con el hidrógeno, anhídrido carbónico y con el cloro. Barómetro de Fortin. Máquina pneumática; bomba de compresión; bomba aspirante impelente. Higrometría; sustancias higrométricas; determinación directa, por pesada, del vapor de agua contenido en la atmósfera; higrómetro de Daniell; termómetros seco y húmedo. Depresión del punto de ebullición por la disminución de presión. Dilatación de los líquidos; termómetro de peso; termómetro clínico; termómetro diferencial. Calor específico; calorímetro de Black; calorímetro de Lavoisier; método de las mezclas. Conductibilidad del calor estudiado en los sólidos, líquidos y gases. Convección. Radiación; experimentos con el cubo de Leslie y el termómetro diferencial.

Química.—Síntesis endiométrica del agua; composición volumétrica y ponderal del agua. Análisis del agua por electrolisis y por descomposición del vapor por el hierro, al rojo. Ensayo hidrotimétrico de las aguas. Preparación del carbono amorfo por la acción del ácido sulfúrico sobre el azúcar y por destilación seca de la madera; propiedades del carbono; absorción y oclusión de los gases por el carbono, y experimento con el amoníaco; reducción de los óxidos del plomo; acción filtrante y decolorante del carbono. Combinaciones del carbono;

anhídrido carbónico; combustión del carbono en el aire; propiedades del anhídrido carbónico; descomposición del anhídrido carbónico por el magnesio y el potasio, al rojo; solución del anhídrido carbónico en el agua. Examen microscópico de las calizas de origen orgánico. Preparación de la cal viva; acción del agua sobre la cal viva. Análisis y síntesis de la caliza. Manufactura de la cal viva. Acción de los ácidos sobre las calizas; pérdida de peso. Azufre; estados en que se presenta; preparación industrial del azufre; ídem del azufre prismático; ídem del azufre plástico. Anhídrido sulfuroso; preparación por la combustión del azufre y por la acción del ácido sulfúrico sobre el cobre; propiedades del anhídrido sulfuroso; solubilidad en el agua; poder decolorante.

NOTA II

Extracto del Memorandum sobre la enseñanza de las ciencias en las escuelas escocesas, presentado al Parlamento por el Departamento de Enseñanza.

El fin principal de un curso experimental, es crear en el alumno el hábito y espíritu de observación exacta, proceso que puede constituir un medio de disciplina mental de orden superior. Por tanto, la investigación personal, de primera mano, realizada en el Laboratorio por cada alumno, sobre problemas bien definidos, debe constituir la clave del trabajo; las demostraciones hechas por el maestro deben relegarse á lugar secundario, quedando reducidas, en todo caso, á indicaciones generales encaminadas á aclarar la naturaleza del problema y á relacionarle con los conocimientos anteriores.

Al trabajo de Laboratorio debe seguir la comparación de resultados, discusión de las divergencias y de la teoría del experimento.

El maestro debe dedícar continua y exquisita atención á las operaciones de Laboratorio y á la selección de problemas y experimentos. El uso de los libros de texto como guía del trabajo práctico, no debe recomendarse en los primeros años.

La investigación asignada á cada alumno debe ser, en lo posible, individual. La asociación de alumnos en secciones de dos, puede recomendarse únicamente en ciertos experimentos en los cuales es necesaria la observación simultánea de dos ó más procesos; pero, en todo caso, debe mantenerse el carácter individual del trabajo, de modo que cada alumno utilice sus propios recursos é iniciativa.

No es de menos importancia la sincera y clara relación de los resultados obtenidos. Con este propósito, el alumno debe consignar en un cuaderno, con toda escrupulosidad, los detalles de los experimentos, resultados obtenidos, y también debe dibujar los aparatos y dispositivos que ha utilizado. Es de capital importancia que, desde el primer momento, el maestro cuide que las notas se redacten con toda claridad, que los dibujos se ejecuten con limpieza y los cálculos se dispongan ordenadamente.

En todas las investigaciones deben emplearse los aparatos más sencillos compatibles con el grado de exactitud requerida. Siempre que sea posible, los alumnos deben idear y construir, en el taller de la escuela, los aparatos necesarios. No hay para qué decir que los aparatos, utensilios y productos deben estar siempre en perfecto estado de conservación y limpieza.

Aunque la adquisición de sólido y permanente conocimiento tiene, sin duda, gran importancia, es preciso no perder de vista el fin principal de esta enseñanza. El valor real de la labor efectuada dependerá de su espíritu, de su método y de la iniciativa y seguridad desenvuelta en el alumno, más bien que de la cantidad de conocimiento adquirido.

NOTA III

Notas recogidas en algunas escuelas de enseñanza elemental y elemental superior.

Oxford Garden School (Londres).

En esta Escuela, dependiente del Consejo del Condado de Londres—*London County Council*—, los alumnos copian de un

libro de texto los dibujos de los aparatos y, en parte, la descripción de los experimentos que luego practican en el Laboratorio. Consisten estos experimentos en la determinación de volúmenes, pesos, pesos específicos, etc., sin exceder los límites del curso preparatorio. *(Véase nota I.)*

El Laboratorio está instalado en una pieza cuadrada de unos ocho metros de lado, bien ventilada é iluminada. Hay cuatro mesas grandes de madera provistas de gas y agua. El trabajo es individual ó en secciones de dos alumnos.

The Hugh Myddleton Higher Elementary School (London County Council).

Se emplea en esta Escuela el mismo método que en la de Oxford Gardens, pero no se abusa, en igual medida, del libro de texto y de las clases orales; se procura dar importancia al trabajo original del alumno. Hay dos Laboratorios correspondientes á diferentes *standards* ó grados; en el de grado superior se practican ejercicios de análisis cualitativa (1).

Todas las Escuelas elementales y de enseñanza elemental superior dependientes del *County Council* de Londres, son repetición de las dos mencionadas en esta nota. Se practican en ellas los mismos métodos con muy ligeras variaciones de detalle, debidas á la iniciativa del maestro ó impuestas por el tipo social de la clientela, que varía según el distrito en que está emplazada la Escuela.

Para facilitar en lo posible el trabajo individual del alumno en el Laboratorio, el *County Council* invierte sumas considerables en la adquisición de material. El coste de aparatos, productos, etc., para el curso elemental de Física, asciende, por cada cuatro alumnos (dos secciones de dos alumnos) á *260 pesetas*, incluyendo dos balanzas con soporte de ágata. El material del curso de Química cuesta *100 pesetas* próximamente, para igual número de alumnos.

---

(1) Se ha concedido siempre en Inglaterra mucha importancia á la análisis cualitativa, considerándola como disciplina eficaz para desenvolver el poder inductivo; su enseñanza requiere mucha discrección.

King's Alfred School (Hampstead-Londres).

Escuela privada de enseñanza elemental superior. Está instalada en una modesta vivienda particular no muy capaz, por lo que el número de alumnos es limitado; pero tiene interés por ser uno de los ensayos de coeducación que, desde hace quince ó veinte años, se viene realizando en Inglaterra.

La Química y la Física se enseña en el Laboratorio; los alumos utilizan, siempre que es posible, toda clase de objetos familiares para construir los aparatos. No hay libro de texto.

NOTA IV

Clases para los maestros.

El Consejo del Condado de Londres—*London County Council*—ha establecido clases especiales voluntarias para los maestros que deseen mejorar su eficiencia en determinadas materias (Ciencias, dibujo, etc.) Generalmente están encomendadas estas clases á maestros de reconocida competencia. Además, los profesores, especialmente de escuelas secundarias, tienen acceso á ciertas enseñanzas superiores de la Universidad de Londres. Durante el curso de 1907-1908, concurrieron ocho mil maestros á estas clases.

Las de Ciencias son numerosas—tres ó cuatro por semana—sobre temas concretos de Física, Química, Botánica, Biología, elementos generales *(General Elementary Science)* y estudio de la naturaleza *(Nature Study)*. Son, generalmente, nocturnas y duran dos horas. El profesor no pronuncia discursos; hace su exposición en estilo familiar. Más bien parece una reunión de buenos amigos asociados para trabajar seriamente en común. Es admirable el interés, la intensidad con que los maestros realizan su labor en estas clases después de un día entero de trabajo concienzudo en la Escuela.

NOTA V

Saint Paul Public School (Hammersmith Road, Londres).

Escuela de enseñanza secundaria (1). Posee un lujoso Laboratorio de Química capaz para cincuenta alumnos. Las mesas, distribuídas en tres largas filas, están provistas de dos tomas de gas, fuente, dos estufas de desecación, alacenas, etc.; hay también tres mesas grandes para trabajos de Química analítica.

El método es análogo al empleado en la mayoría de las Escuelas de Londres: lección oral primero; luego el trabajo de Laboratorio, todo siguiendo un texto. La enseñanza, en general, está orientada para obtener brillantes resultados en los exámenes de Oxford, Cambridge, Woolwhich, etc. Hay que confesar que, des le este punto de vista, es una de las Escuelas más acreditadas en Inglaterra. Posee talleres de carpintería, forja y ajuste que podrían utilizar con mucho provecho los alumnos de los cursos de Física; pero siendo la Escuela de San Pablo una institución patrocinada por la mesocracia adinerada que dedica sus hijos á la milicia, la alta Banca, la iglesia... han establecido las clases de trabajos manuales como una graciosa concesión á las exigencias democráticas presentes, y únicamente concurren á ellas algunos becarios.

NOTA VI

Bedales Coeducational School.

Esta escuela es un brillante ensayo de coeducación. Está situada en Petersfield, Hampshire, no lejos de Portsmouth, en un extenso campo de sesenta hectáreas cubierto de pradera y suntuosos robledales.

Posee un espacioso Laboratorio de Física y Química, que también se utiliza para clase. En un cobertizo exterior se hacen los trabajos de electrolisis y todos aquellos que necesitan

---

(1) Fundada por John Colet, abad de San Pablo, en 1508.

el uso de hornos (reducciones, copelaciones, etc.) Hay también otro departamento para experimentos de óptica.

El trabajo más importante se hace en el Laboratorio dejando al alumno una gran libertad en cuanto al tratamiento de los problemas experimentales que debe resolver. Las clases orales están reducidas á un mínimum, y generalmente se dedican á enlazar y sistematizar los trabajos de Laboratorio.

Algunos alumnos más adelantados hacen en sus horas libres trabajos originales de investigación. Cuando visité esta escuela un alumno de la clase de Química estaba estudiando los espectros de los metales de la familia del didimio.

EDMUNDO LOZANO.