

Temática: 4. Enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales

PARADIGMAS-GUÍA EN LOS INICIOS HISTÓRICOS DE LA ELECTRICIDAD. ALGUNAS IMPLICACIONES DIDÁCTICAS.

Fernández González, Manuel y Montero Moreno, Antonio
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada
E-mail: mfgfaber@platon.ugr.es

INTRODUCCIÓN

La historia de la ciencia puede tener variadas aplicaciones en el aula, que van desde su utilización como recurso para introducir de una manera más sugestiva los contenidos científicos, o proporcionar una formación multidisciplinar resaltando los aspectos técnicos y sociales, hasta su utilización para conocer las ideas previas de los alumnos, o como guía de modelos didácticos basados más o menos parcialmente en la actividad de los científicos (Fernández-González, 1997).

Otra de las aplicaciones didácticas de la historia de la ciencia (o mejor, de la historia y filosofía de la ciencia) que va tomando un auge creciente, es el transmitir al alumno lo que es en realidad la ciencia: su naturaleza, método y evolución. Los desarrollos curriculares más recientes en países de nuestro entorno han ponderado esta tendencia.

El presente trabajo se sitúa en la línea indicada de reflexión sobre la propia ciencia, recogiendo algunos ejemplos de la historia de la electricidad. Ello va a permitir igualmente incidir en problemas de aprendizaje de conceptos básicos como diferencia de potencial (ddp) y fuerza electromotriz (fem), cuyas dificultades han sido expuestas por diversos autores (Eylon y Ganiel, 1990; Hierrezuelo y Montero, 1991).

BREVE PANORAMICA HISTORICA

Es en el siglo XVIII cuando se produce la eclosión de los estudios sobre el tema de la electricidad y surgen los principios más básicos de electrostática, que culminan con la ley de la inversa del cuadrado de Coulomb, sobre la fuerza eléctrica entre dos cuerpos cargados (Taton, 1988; Whittaker, 1951). A partir de aquí la ciencia eléctrica comienza su andadura cuantitativa.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX todas las propiedades eléctricas se consideraban manifestaciones de la electricidad acumulada en un cuerpo cargado. En ese momento, el descubrimiento de la pila eléctrica realizado por Volta constituyó un gran hito en la historia de la electricidad, que más adelante revelaría su trascendencia teórica. Inevitablemente fue comparada con la botella de Leyden, el único artificio hasta entonces capaz de almacenar electricidad, pero la pila constituía un manantial permanente de electricidad, cuya naturaleza en un principio no se identificó ni con la de un cuerpo cargado, ni con la de una corriente, y recibió el nombre particular de galvanismo.

En la década de los años 1820 las experiencias de Oersted y Ampère hacen descubrir la interacción del galvanismo con los imanes. Esto llevó a los científicos a centrarse en el estudio de los circuitos, con lo que se fue abriendo paso la idea de que la electricidad galvánica podía ser una corriente de electricidad.

Así, las investigaciones iniciales de Ohm, y que le condujeron a la ley que lleva su nombre, no iban encaminadas a lo que hoy día podemos creer, sino a clarificar la relación entre la fuerza magnética producida por la electricidad galvánica y la naturaleza del conductor (Pourprix y Locqueneux, 1989).

LOS PARADIGMAS-GUÍA

Fue el paradigma newtoniano el que sirvió de guía a la incipiente electrostática cuantitativa. En especial debe mencionarse que gracias a ello Coulomb concibió y probó su ley de la inversa del cuadrado, a la vista de algunos indicios, como el semejante comportamiento de los cuerpos cargados y las masas

gravitatorias, que ya estudió Priestley (Holton y Roller, 1963). El mismo concepto de potencial, clave en electrostática, surgió igualmente del estudio de los campos gravitatorios.

Ya en los primeros años del siglo XIX Laplace y Poisson tenían prácticamente acabada una teoría completa sobre las interacciones eléctricas (sólo electrostáticas en la época).

Las explicaciones electrostáticas constituyeron el esquema conceptual dominante y casi único durante el primer tercio del siglo XIX. En este marco bien puede comprenderse que cuando surge la pila, ésta fuera explicada durante casi 40 años como un instrumento electrostático. Más que hablar de corriente, se pensaba en descargas sucesivas y, por ello, fue la pila, y no el circuito, el centro de las investigaciones (Brown, 1969).

Sin embargo, Volta había concebido el fluido eléctrico en movimiento, gracias a la acción de una "fuerza electromotriz" propia de la pila. Volta acuñó, además, el concepto subyacente de acción no electrostática sobre las cargas. No es de extrañar que el marco teórico dominante impidiera el desarrollo de estas primeras ideas, que más tarde fueron retomadas.

Ohm intentó explicar la corriente eléctrica, y en particular su ley empírica, dentro del paradigma electrostático. Para ello ideó la noción de "fuerza electroscópica", cantidad medida utilizando un electroscoPIO a circuito abierto, y recurrió a la teoría de Fourier (1822) sobre la conducción del calor en sólidos. El flujo de electricidad era proporcional a la diferencia entre las fuerzas electroscópicas, lo mismo que el de calor lo era a la diferencia de temperatura (Archibald, 1988).

Kirchhoff hacia mediados de siglo dio el último paso: identificar el término de fuerza electroscópica con el de potencial. En cuanto al concepto de fem, fue retomado por Faraday y confinado al terreno de la inducción electromagnética, del que no salió hasta el último tercio de siglo, cuando su uso se generalizó a todo tipo de circuitos.

CONCLUSIONES DIDÁCTICAS

Ejemplos históricos como el anterior ponen de manifiesto alguno de los mecanismos que promueven la evolución de la ciencia: ámbitos que han alcanzado un nivel destacado suministran soporte teórico a otros en sus inicios. Así, puede ser conveniente que los alumnos conozcan el papel del paradigma newtoniano en el surgimiento y la consolidación del paradigma electrostático y cómo también éste frenó inicialmente algunas acertadas explicaciones en electrocinética, la cual recibió un impulso teórico apreciable de la teoría de conducción del calor.

Igualmente, el relato histórico contribuye a borrar la descontextualización de las leyes y descubrimientos, en el sentido de mostrar que raramente en la ciencia éstos surgen de repente y de la nada. El ejemplo de la ley de Coulomb es concluyente al respecto.

El modo de utilizar estos materiales en el aula ya ha sido sugerido por algunos autores (Fernández-González, 1998).

La historia de la ciencia nos ha mostrado cómo los esquemas conceptuales electrostáticos fueron utilizados en el estudio de los circuitos eléctricos y el largo camino recorrido hasta lograr una síntesis coherente. El paralelismo con las situaciones de aula es evidente, pues en la secuenciación temática figura habitualmente la electrostática antes que la electrocinética, por lo cual es de esperar que conceptos ya estudiados y consolidados de la primera induzcan errores conceptuales al ser aplicados en la segunda. Las dificultades se centran especialmente en el concepto de ddp, que los alumnos pueden encontrar bajo la forma de $V_A - V_B = T/Q'$ y unas páginas más adelante como $V_A - V_B = IR$. Ante muchos alumnos la ddp aparece desdoblada como dos conceptos diferentes con la misma denominación en dos ámbitos de la electricidad diferentes, con lo que se reproduce la dicotomía superada en la historia (Jiménez-Gómez y Fernández-Durán, 1998).

Por otra parte, el tratamiento electrostático de la pila, como ya hemos visto, trajo como consecuencia que la atención se centrara en sus polos y no en el circuito como totalidad. Hoy día nuestras aulas nos muestran que los problemas se reproducen. Los conocimientos de electrostática pueden terminar interfiriendo la comprensión de los circuitos. Benseghir y Closset (1996) tras mostrar a los alumnos un

esquema con una bombilla unida al polo positivo de una pila y al negativo de otra, constatan que un gran porcentaje de ellos afirma que la bombilla se enciende, ignorando que la causa de la corriente no es electrostática, sino que está ligada, en circuito cerrado, a la fem del generador.

De la misma manera, el concepto de fem, propuesto por Volta como responsable de la corriente eléctrica en un circuito cerrado, puede interferir y ser confundido con el de ddp, al que puede atribuirse esta misma misión. En una reciente encuesta que hemos realizado con alumnos de secundaria y universidad insertamos como cuestión el caso de un anillo metálico sometido a un campo magnético variable. Ante las preguntas de si existía fem o había ddp entre dos puntos del anillo, el porcentaje de respuestas erróneas superó ampliamente el 80%. Ello se explica teniendo en cuenta la proximidad de ambos conceptos: una ddp produce, si hay cargas libres, una corriente eléctrica; en una pila hay fem y ddp entre sus polos; fem y ddp vienen medidos en la misma unidad. y, por otra parte, errores de exposición didáctica que pasan por alto los límites de validez de expresiones ($V_A - V_B = E - Ir$) donde figuran ambos conceptos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCHIBALD, T. (1988). Tension and Potential from Ohm to Kirchhoff. *Centaurus*, 31, 141-163.
- BENSEGHIR, A. y CLOSSET, J.L. (1996). The electrostatics-electrokinetics transition, historical and educational difficulties. *Int. J. Sc. Ed.*, 18 (2), 179-191.
- BROWN, T.M. (1969). The Electrical Current in Early Nineteenth-Century French Physics. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 1, 61-103.
- EYLON, B. y GANIEL, U. (1990). Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. *Int. J. Sc. Ed.*, 12 (1), 79-94.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. (1997). La historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. En Jiménez, R. y Wamba, A.M. (Eds.) *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva, 225-232.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. (1998). La experiencia de Joule. Su valor curricular actual. En Banet, E. y De Pro, A. (Coords.) *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias (I)*. Universidad de Murcia, 54-59.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Ed. Elzevir, Vélez-Málaga.
- HOLTON, G. y ROLLER, D. (1963). *Fundamentos de la física moderna*. Reverté, Barcelona.
- JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y FERNÁNDEZ DURÁN, E. (1998). Didactic Problems in the Concept of Electric Potential Difference and an Analysis of its Philogenesis. *Science and Education*, 7, 129-141.
- POURPRIX, B. y LOCQUENEUX, R. (1989). G.S. Ohm (1789-1854) et les lois du circuit galvanique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 713, 467-476.
- TATON, R. (1988). *Historia general de las ciencias*. Orbis, Barcelona.
- WHITTAKER, E. (1951). *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Tomash Publishers, London.