

EXPLICANDO LOS FENÓMENOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA: RELEVANCIA DE SU ENSEÑANZA Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE

ALMUDÍ, MANUEL; ZUZA, KRISTINA y BONET, ELVIRA

Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco

Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas investigaciones en Enseñanza de las Ciencias han generado modelos de enseñanza que coinciden en que aprender es poder justificar lo que se piensa y, que los procesos de producción y aceptación (justificación) de conocimientos que se desarrollan en la vida cotidiana son diferentes de los que caracterizan el trabajo científico y escolar (Duschl 1998). Desde esa orientación, el aprendizaje de los conceptos científicos debe ir acompañado del aprendizaje epistemológico, es decir, de formas de producir y aceptar conocimientos que caracterizan la metodología científica. Este desarrollo simultáneo, conceptual y metodológico, se verá favorecido en la medida en que el proceso de enseñanza-aprendizaje se desarrolle en un contexto de (re)construcción de conocimientos (evitando pues su transmisión en su estado final), en el que existan oportunidades sistemáticas y reiteradas para poner en práctica procesos de justificación típicos de la investigación y de la resolución de problemas científicos. Este proceso favorece un clima adecuado para la implicación afectiva (actitudinal) necesaria para que tarea tan exigente pueda ser llevada a cabo (Gil et al. 2002).

2. TEMA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

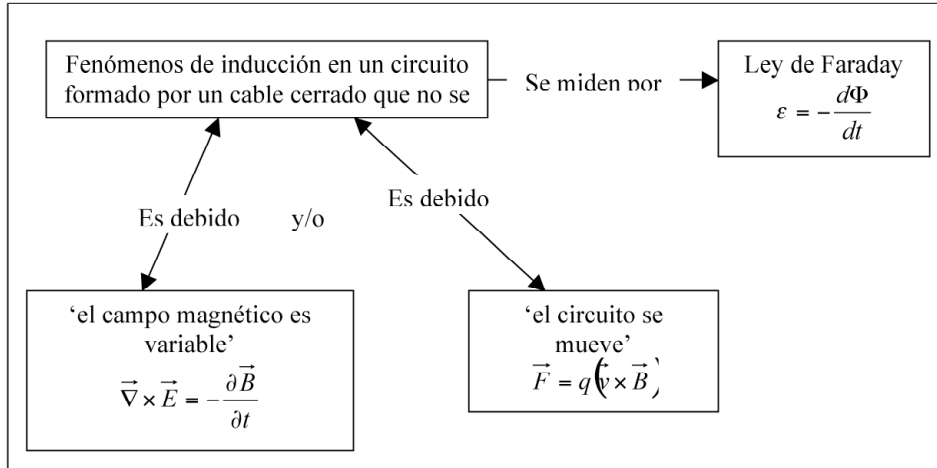
En el trabajo que aquí presentamos pretendemos mostrar la relevancia del contenido a enseñar y de las dificultades de aprendizaje en el diseño de secuencias de enseñanza para el caso de los fenómenos de inducción electromagnética en curso introductorios de física a nivel de último curso de Secundaria y primer curso de universidad.

A la hora de plantearnos los contenidos de enseñanza y sus indicadores de aprendizaje para la teoría explicativa de los fenómenos de inducción hemos analizado, en primer lugar, cómo se consiguieron estos conocimientos, cuales fueron los obstáculos que se plantearon, cómo se superaron esos obstáculos. Esto exige realizar un estudio histórico epistemológico que nos permita comprender las dificultades que existen en la enseñanza y, al mismo tiempo, clarificar conceptualmente el significado de los contenidos a enseñar. Esta clarificación nos permitirá justificar la relevancia de los conceptos elegidos y elaborar estrategias que resalten su significado. (McComas 2000).

Las aportaciones de la Historia y Epistemología de la ciencia sugieren importantes implicaciones para el aprendizaje de una nueva teoría científica. Si los estudiantes poseen una estructuración errónea o alternativa de los conceptos implicados será difícil que vean la necesidad de integrarlos en una nueva teoría y de establecer correctamente relaciones con los anteriores. En nuestro caso, la teoría explicativa de la inducción electromagnética se construyó dentro de un proyecto de investigación acerca de la relación entre fenó-

menos magnéticos y eléctricos, en concreto, la producción de corriente eléctrica a partir de fenómenos magnéticos. Esto significa que el proceso de aprendizaje de la teoría de inducción estará condicionado por la buena comprensión y estructuración de conceptos ‘auxiliares’ como campos y fuerzas eléctricas y magnéticas.

De acuerdo con el marco teórico actual el universo de conceptos implicados en la explicación de los fenómenos de inducción se puede expresar mediante el siguiente mapa:



CUADRO1
Mapa del universo de conceptos de las teoría de inducción

En un contexto escolar, a la hora de introducir el concepto de inducción electromagnética, también se pone de manifiesto esta duplicidad de fenómenos diferentes que dan origen a la explicación del fenómeno de inducción. Es importante tener en cuenta que la teoría explicativa incluye un análisis en términos de dos fenómenos diferentes. Se debe comprender la ley de Faraday en forma integral como el efecto combinado de dos fenómenos diferentes (Feynman 1964, pp.17-3). En este sentido, la ley de Faraday en forma integral es un enunciado que engloba dos fenómenos diferentes y por tanto, es una explicación más global de los fenómenos de inducción.

Dentro de la teoría clásica del electromagnetismo, definida de acuerdo con las leyes de Maxwell, que es el marco teórico en el que se explican los fenómenos eléctricos para un nivel de último curso de secundaria y primeros cursos de universidad (Chabay y Sherwood 2002), una clara comprensión de la teoría explicativa de los fenómenos de inducción implica dos niveles de prerequisites. En el primer nivel de prerequisites será necesario tener un *conocimiento significativo de los conceptos de campos y fuerzas eléctricas y magnéticas*. Esto nos lleva a establecer, de un modo fundado, los primeros prerequisites para una adecuada comprensión de la teoría de inducción electromagnética:

- 1.1. Se comprende la naturaleza del campo eléctrico, se sabe cómo medirlo a través de las líneas de campo y la forma de medir las fuerzas que ejerce sobre otras cargas.
- 1.2. Se comprende la naturaleza del campo magnético, se sabe cómo medirlo a través de las líneas de campo y la forma de medir las fuerzas que ejerce sobre otras cargas en movimiento.
- 1.3. Se maneja y comprende la fuerza de Lorentz ejercida por campos eléctricos y magnéticos sobre cargas eléctricas.

El segundo nivel de prerequisites de establece a nivel de conocimiento empírico de los fenómenos de inducción electromagnética, es decir, los estudiantes tienen que *estar familiarizados con algunos fenómenos experimentales de inducción electromagnética*. Esto nos lleva a establecer los prerequisites que componen este segundo nivel:

- 2.1. Se conocen experiencias de inducción magnética en espiras y solenoides atravesados por campos magnéticos variables.
- 2.2. Se conocen experiencias de inducción magnética en circuitos que se mueven dentro de un campo magnético estacionario.
- 2.3. Se conocen experiencias de inducción magnética producidas por una combinación de los efectos anteriores.

En segundo lugar, un aprendizaje comprensivo de una teoría explicativa de los fenómenos de inducción exige comprender claramente la distinción entre los dos efectos responsables de la fem inducida. Esto implica que se debe conocer las relaciones entre los diferentes conceptos de la teoría de inducción contemplados en el cuadro 1 y que podemos resumir en los siguientes indicadores:

- 3.1. Se sabe explicar que un campo magnético variable puede producir corriente eléctrica en un circuito situado en sus proximidades y, saber justificar que la fuerza que actúa sobre las cargas que se mueven es debida a un campo eléctrico inducido no conservativo.
- 3.2. Saber que un circuito en movimiento dentro de un campo magnético estacionario sufre una fem inducida y que la fuerza que actúa sobre las cargas es debida al campo magnético.
- 3.3. conocer que la inducción electromagnética puede producirse por una combinación de los efectos anteriores y que la ley de Faraday es un enunciado que engloba ambos efectos para explicar los fenómenos de inducción.
- 3.4. Saber justificar el sentido de la corriente inducida (ley de Lenz) para cualquiera de los casos anteriores.

Éstas son algunas de las ideas clave que los estudiantes deben conocer para asumir una correcta comprensión conceptual en este dominio. Ahora bien el conocimiento científico tiene, también, exigencias de tipo epistemológico y axiológico que no pueden soslayarse, y sin las cuales no puede haber cambio conceptual. Así, otros indicadores, serían:

- a) Conocer que los conceptos no se introducen de manera arbitraria, sino que su introducción tiene el propósito de resolver situaciones problemáticas de interés.
- b) Utilizar reiteradamente las *estrategias del trabajo científico* (analizar situaciones problemáticas, concebir hipótesis de trabajo, diseñar y realizar experimentos, obtener modelos con las limitaciones adecuadas, interpretar físicamente datos numéricos, análisis crítico de proposiciones, comparar sus avances con los de su entorno más próximo priorizando por ejemplo el trabajo cooperativo ...).

Saber analizar aplicaciones CTS que permitan contextualizar la teoría aprendida y que les permita a los futuros científicos e ingenieros, como ciudadanos, adoptar actitudes responsables hacia el desarrollo tecnológico y las implicaciones de carácter social que conlleva.

Así mismo, el estudio realizado sobre las dificultades de aprendizaje se enmarca dentro de las investigaciones sobre Concepciones Alternativas. Estas investigaciones se han convertido más en una lista de 'errores' de los estudiantes que en estudios enfocados a la mejora de su enseñanza. Es cierto que en muchas de estas investigaciones se indica que desde una orientación constructivista del aprendizaje, es esencial conocer las ideas y formas de razonamiento alternativas de los estudiantes. No obstante, muy pocos de estos estudios relacionan su investigación con los indicadores de aprendizaje que sería deseable lograr y, en ocasiones, dan por supuesto la relevancia de los conceptos investigados. Es evidente que mientras la investigación trate de conceptos básicos como velocidad, aceleración o fuerza, es casi superfluo evidenciar su relevancia en un contexto de la dinámica elemental. Esta podría ser otra de las carencias del contexto de estas investigaciones: su limitación a áreas muy elementales. En Física, existen un gran número de investigaciones dedicadas a la cinemática elemental (movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado), a la dinámica elemental (leyes de Newton para el punto material o sólido rígido con movimiento de traslación) o circuitos eléctricos elementales de corriente continua. Este no es el caso que aquí presentamos y en este sentido, nuestro estudio pretende superar las críticas expuestas.

Así pues la investigación realizada pretende responder a las dos cuestiones que se exponen a continuación:

a) ¿Cuáles son los indicadores de aprendizaje de una teoría básica de los fenómenos de inducción electromagnética? ¿cuál es la relevancia de esta teoría dentro de un programa de física introductorio?

b) ¿Qué dificultades presentan los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la teoría explicativa de los fenómenos electromagnéticos?

3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTRA

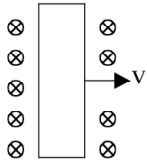
El diseño es un cuestionario con 10 preguntas divididas en 2 partes encaminadas a detectar formas de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de inducción electromagnética. A continuación presentamos algunas de las preguntas que constituyen dicho cuestionario:

A5.- A una barra metálica como la de la figura, inmersa en una región donde existe un campo magnético B estacionario dirigido hacia dentro de la hoja, se le aplica una fuerza inicial instantánea que hace que dicha barra comience a moverse hacia la derecha con una velocidad v . En esas condiciones:

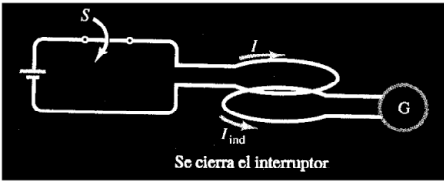
a) ¿Se produciría el fenómeno de inducción magnética en dicha barra?

b) Si es así, ¿cómo explicarías la aparición de ese fenómeno?

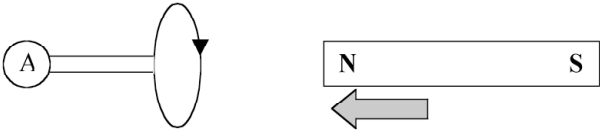
Explica razonadamente tu/tus respuesta/as.



B1.- Cuando se cierra el interruptor del circuito superior de la figura, se comprueba experimentalmente que el amperímetro G del circuito de la parte inferior indica paso de corriente. Explica detalladamente porqué aparece corriente en el circuito de la parte inferior.



B3.- Tenemos un imán que se mueve hacia una espira conductora que está en reposo respecto de nuestra observación (ver figura); en un instante cualquiera del proceso de acercamiento, el amperímetro registra el paso de una intensidad por la espira conductora. Como has estudiado la corriente eléctrica en la espira conductora es debida a una fuerza eléctrica asociada a un campo eléctrico, explica cómo aparece este campo eléctrico en la espira y cuál es su naturaleza.



La muestra está constituida por estudiantes de primer curso de Ingeniería y tercero de Ciencias Físicas. Para la confección final del cuestionario, se realizó un estudio previo con una pequeña muestra (15 estudiantes). Este estudio previo confirmó que los estudiantes no tenían, en general, dificultades de comprensión del cuestionario y se realizaron algunas correcciones en la redacción. Todas las pruebas fueron realizadas por los estudiantes después de recibir enseñanza de los temas de electricidad.

4. CONCLUSIONES

En el Simposio se mostrarán los resultados obtenidos en las cuestiones indicadas. Sin embargo, tomando como guía los resultados del estudio previo podemos adelantar algunas conclusiones. Una parte importante de los estudiantes presenta confusión entre campo y flujo a la hora de analizar la causalidad de los fenómenos de inducción electromagnética. Así mismo, la gran mayoría de los estudiantes no sabe explicar la inducción electromagnética cuando se trata de un 'circuito' que se mueve en un campo magnético. En este caso la ley que explica la inducción es la fuerza de Lorentz que se ejerce sobre cargas móviles y los estudiantes no la utilizan en sus explicaciones.

En la comunicación se informará sobre otros resultados que apoyan el deficiente aprendizaje de los estudiantes respecto a los indicadores marcados y sus formas de razonamiento.

REFERENCIAS

- CHABAY R. y SHERWOOD B., 2002, *Matter & Interactions vol. II "Electric and Magnetic Interactions"*, New York: Jhon Wiley & Sons.
- DUSCHL, R.A., 1998, La valoración de argumentos y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación, *Enseñanza de las Ciencias* 16 (1), 3-20.
- GIL, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA DE CARVALHO, A., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H., GALLEGO, R., 2002. Defending constructivism in science education. *Science and Education*, 11, pp.: 557-571.
- McCOMAS, W.F., 2000. *The Nature of Science in Science Education. Rationales and strategies*, Kluwer Academic Publishers: London.