

Multimedia: Concepto de Campo¹

Nieves N. Baade^{1,3} - Lía M. Zerbino^{2,3}

¹ IMAPEC. Facultad de Ingeniería UNLP; ² CIOP. OPTIMO. Facultad de Ingeniería UNLP;

³ IEC-EyEMAF. Facultad Regional La Plata UTN
lzerbino@ing.unlp.edu.ar

De manera conjunta entre IMAPEC y EyEMAF, hemos diseñado, desarrollado e implementado el hipermedia interactivo “Concepto de Campo” (CdeC), como apoyo para la conceptualización de este modelo en clases introductorias de Física Básica (Electromagnetismo). Los applets fueron elaborados por el grupo con entorno Easy Java y organizados en una página web. Está diagramado en distintas secuencias: 1) verificación de conocimientos previos, cuya conceptualización es revisada y actualizada por medio de un cuestionario on-line conteniendo diversas situaciones problemáticas, que el alumno debe contestar. 2) A partir de ello se presenta un applet motivador-disparador que permite visualizar los pares de fuerzas que aparecen sobre partículas cargadas en movimiento, tratando de inquietar sobre la posible violación del principio de acción y reacción. 3) Introducción del concepto de campo, incluyendo una aproximación a los modelos que sustentan teorías más modernas. La incorporación de este concepto como intermediario de la aparición de las correspondientes reacciones y soporte del retardo debido a la velocidad finita de propagación de las interacciones permite justificar la importancia de este nuevo enfoque para modelar interacciones. Como primera instancia de validación se realizaron entrevistas-encuestas de opinión a docentes de las cátedras para las que está destinado.

Palabras clave: campo, acción a distancia, interacciones no instantáneas, acción y reacción

At IMAPEC and EyEMAF, we have jointly designed, developed and implemented “Concepto de Campo (CdeC)” (Field Concept), an interactive hypermedia, as a support for the conceptualization of this model in the introductory classes of Basic Physics (Electromagnetism). The applets were developed by the group using an Easy Java environment and organized in a web page. A diagram has been following different sequences: 1) verification of previous knowledge whose conceptualization is being revised and updated by means of an on-line survey that presents different problematic situations that the student has to answer. 2) From these answers, a motivating and triggering applet is presented which allows to visualize the pairs of forces that appear upon charged moving particles, trying to call attention upon the possible violation of the action and reaction principle. 3) Introduction to the field concept, including an approach to the models supporting more modern theories. The incorporation of this concept as an intermediary tool for the appearance of the corresponding reactions and as a support to the delay due to the finite speed interaction propagation allows to justify the significance of this new approach to model interactions. As a first instance for validation, opinion surveys were completed by the faculty of the different chairs involved.

Keywords: field, actions at a distance, non-instantaneous interactions, action-reaction

Motivación

En nuestros cursos introductorios de electromagnetismo clásico, segundo año de las distintas carreras de Ingeniería, el alumno se enfrenta con una nueva representación de las interacciones: la de la Teoría de Campos. En ese enfoque la interacción deja de ser directa, por ejemplo “carga – carga” y se comienza a

desarrollar la idea de que se realiza en etapas, es decir “carga – campo – carga”.

Intrínsecamente el concepto de campo es un concepto de no fácil apropiación, es complejo y de un nivel superlativo de abstracción.

Se han realizado numerosas investigaciones, dentro del área de educación, con la finalidad de facilitar la comprensión e incorporación al saber del alumno, no sólo del concepto en sí,

1 El Multimedia C de C está disponible en el CD de Miscelánea correspondiente a este número de la Revista. Una versión más detallada sobre este material didáctico ha sido ya publicada (Zerbino y Baade, 2008). Allí se agregan y comentan, además, los instrumentos de validación.

sino también de las otras nociones que subyacen en esta teoría y de las leyes que la sustentan. Distintos enfoques epistemológicos, psicocognitivos, de clarificación de conceptos y leyes, estrategias para el aprendizaje, etc. guiaron estas investigaciones (Nardi, 1991; Furió y Guisaola, 2001; Guisasola et al, 2005; Llancaqueo et al, 2003). En particular nuestro grupo ha realizado varios aportes dentro de este campo, los cuales se citan en Baade et al, 2009.

Como bibliografía complementaria a la utilizada habitualmente en los cursos, se suele recomendar el hipertexto de García (2006), que aporta los beneficios de la multimedia para el alumno actual y el libro de Feynman (1987), que hace un tratamiento sumamente interesante y profundo, pero de difícil abordaje por los alumnos. Ya en un nivel superior se recomienda a Landau (1966).

Tratando de motivar a los alumnos, cuando se intenta argumentar frente a ellos el por qué de la introducción del concepto de campo, surge hablar de la *velocidad finita de propagación de las interacciones*. Aunque se esté considerando el electromagnetismo clásico, es buen momento para mencionar que la Teoría de la Relatividad de Einstein postula que *la velocidad de propagación de la información no puede superar en ningún caso la velocidad de la luz*. Es decir que en la realidad no pueden existir las interacciones instantáneas y que, para tener en cuenta esto, es necesario modificar nuestros modelos.

Al discutir estas ideas con los alumnos, reiteradamente llegamos a la conclusión de que muy pocos logran asimilarlas, poniendo en evidencia la necesidad de aportar al desarrollo de la abstracción necesaria para su apropiación.

Entendiendo que la mera comunicación de los conceptos y de las leyes de una ciencia como la Física no basta para que el alumno pueda modificar sus estructuras conceptuales intuitivas, que va creando a partir del discurso académico (Baade et al, 2002), se promueve priorizar en la tarea docente la elaboración de materiales didácticos que permitan incentivar que el alumno forme parte activa de la construcción de su propia conceptualización. En esa dirección diseñamos el hipermedia interactivo Concepto de Campo (CdeC), buscando

contribuir a generar las representaciones mentales necesarias que faciliten la comprensión del tema. También intentamos proponer y provocar la confrontación entre las ideas que tienen los alumnos y el conocimiento científico, a través de preguntas y reflexiones que aparecen en las pantallas, y que son las que utilizaría el docente en un diálogo personal.

Al revisar los libros de texto que se incluyen habitualmente en la Bibliografía aconsejada a los alumnos de nuestros cursos encontramos ricas reflexiones y comentarios que podrían ser útiles en esta dirección. Sin embargo, en la práctica, comprobamos que nuestros alumnos generalmente no tienen el bagaje conceptual necesario para interpretarlos, y muchas veces los pasan por alto, considerando que esos párrafos no contienen información importante a ser discutida y analizada y su lectura comprensiva es innecesaria para la resolución de problemas y situaciones, que es lo que les parece central para su proceso de aprendizaje.

Uno de esos párrafos:

“La Ley de Coulomb describe las fuerzas eléctricas que ejercen entre sí dos cargas separadas”...

“este tipo de fuerzas de “acción a distancia” no cumple con la ley de acción y reacción de Newton cuando existe una variación repentina en alguna característica de una de las cargas que sea importante para la interacción entre las dos. Tal es el caso si una carga recibe una secuencia de aceleraciones que le dan un movimiento oscilatorio. Cuando esto sucede, por la interacción con la otra carga, dicha carga también comenzará a oscilar, pero con cierto retraso. Debido a este retraso, la fuerza que la primera carga ejerce sobre la segunda no está acompañada por una fuerza igual y opuesta ejercida por la segunda carga sobre la primera, lo que significa una violación de la Ley de acción y reacción”...

“Esto muy serio, ya que tal ley es una consecuencia de la ley fundamental de la conservación del momento lineal y de la definición fundamental de la fuerza como la razón de variación del momento lineal respecto al tiempo”.... del libro de Eisberg-Lerner (1981), fue justamente el que resultó para nosotros el eje dis-

parador de la idea de apoyar la conceptualización mediante una animación que pudiera forzar a los alumnos a confrontar sus conocimientos previos con los resultados de una experiencia virtual o mental a fin de que puedan elaborar conceptos superadores.

Por eso en un planteo constructivista diseñamos la simulación (Baade et al, 2005) que es central en este software (Figura 1) y las pantallas previas que contribuyen a revisar los conocimientos previos sobre el modelo newtoniano de los pares de fuerzas, para llegar a presentar a los alumnos el párrafo en cuestión en el momento que consideramos adecuado para generar el conflicto conceptual y un análisis comprensivo de sus implicancias.

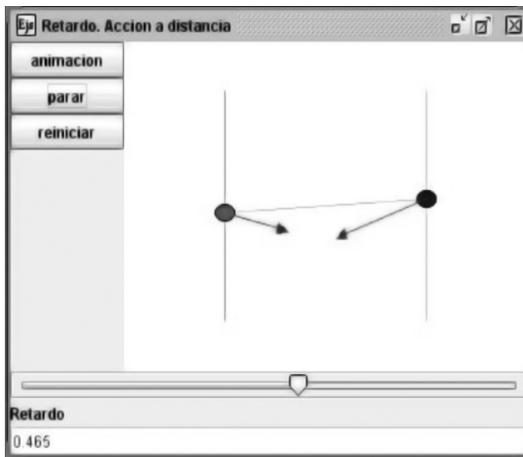


Figura 1. Una de las secuencias de la simulación que constituye el núcleo central del C de C.

Por todo esto, una característica a destacar, respecto a la parte cognitiva de este material educativo, es que logra discutir en conjunto y aglutinar temas que habitualmente se desarrollan en diferentes capítulos en los textos, y que no se tratan en profundidad en las clases por problemas de tiempo. Estamos convencidos de que un tratamiento integral como éste contribuye a estimular el interés por esos conceptos y que sin duda constituye un puente conceptual entre modelos que facilita la futura profundización en el tema.

Características principales del CdeC

CdeC es un material de estudio y reflexión desarrollado teniendo en cuenta el perfil y las características del alumno actual. Por una parte nuestros jóvenes se desenvuelven cómodamente en continua relación con las nuevas tecnologías (medios de comunicación, video juegos, video-clips sea en red o en Internet), y por otra a menudo no alcanzan o pierden el placer y la habilidad para concentrarse en la lectura reflexiva de textos extensos.

Teniendo en cuenta esas consideraciones:

- en cada pantalla se incluyen textos breves y de rápida visualización;

- el diseño se basa en proponer o generar breves discusiones sobre los conceptos y conocimientos que los alumnos se supone dominan o deben incorporar para comenzar a transitar por la Teoría de Campos, utilizando como intermediario dinámico y amigable, una pantalla de computadora;

- el sistema permite que el texto se acompañe con simulaciones de situaciones físicas basadas en modelos simplificados, cuya evolución se rige por las leyes físicas que gobiernan los fenómenos a estudiar, aún cuando los valores utilizados no sean comparables a los reales (en función de presentar una mejor visualización);

- las simulaciones o applets se diseñaron con un programa muy accesible a docentes y alumnos, el generador de código llamado EJS (Easy Java Simulations), creado por Esquembre (2007) de la Universidad de Murcia, España, lo que posibilita su modificación en caso de que convenga para satisfacer inquietudes o planteos no previstos en el hipermedia en validación;

- con intencionalidad constructivista, se han diseñado applets que esquematizan situaciones experimentales a partir de las cuales se requieren al usuario predicciones preliminares, sustentadas en conocimientos previos, que serían disparadores de la formalización de hipótesis en base a las cuales se iría guiando la navegación;

- todo este material (textos y simulaciones) ha sido organizado en una página web esperando que se constituya en una herramienta de autoaprendizaje asistido que provoque en los

alumnos reflexiones que faciliten su apropiamiento del conocimiento necesario para avanzar en su aprendizaje científico y profesional.

Se recomienda a los usuarios realizar la navegación siguiendo las indicaciones del texto, pero siempre existe la posibilidad de ir hacia atrás o hacia adelante, saltando o repitiendo pantallas según la necesidad de aprendizaje. En el texto se destacan algunas “palabras calientes”, que conducen a resumidas definiciones o aclaraciones que pueden ser pertinentes.

Se ha realizado una primera validación mediante entrevistas-encuestas a los docentes de las cátedras en las que podría ser implementado. También fue ensayado en una experiencia piloto como parte de un curso a distancia para alumnos recurrentes en la Facultad de Ingeniería de la UNLP. A partir de los resultados obtenidos se introdujeron ciertas mejoras.

A partir del análisis realizado y los comentarios de los docentes, entendiendo que el CdeC podría resultar una herramienta importante, estamos trabajando en una versión nueva, en la que se han agregado algunas páginas sobre el modelo de campo y su definición, se modificará la señalización para el avance y retroceso, y se modificará la simulación incluyendo la posibilidad de variar los valores de más parámetros, de mostrar más gráficas e incluir una evaluación final.

En esta instancia hemos dispuesto transferirlo a la comunidad docente en general, para su libre utilización y para que nos hagan llegar sus comentarios, críticas y contrapropuestas. Por ello, lo hemos ofrecido a APFA para que lo distribuya gratuitamente en la sección Miscelánea de su Revista de Enseñanza de la Física. Está disponible en el CD que acompaña este número.

Secuencias

La gama de diferentes secuencias de navegación puede resumirse en las siguientes:

Verificación de conocimientos previos

Las *Situaciones para pensar* permiten situarse en las representaciones de fuerzas o de campos. El enlace *Conocimientos previos* plantea la existencia de las Fuerzas Fundamentales de la

naturaleza que incluyen a las que estamos tratando de plantear, las electromagnéticas y realiza una breve reseña de lo visto abriendo la posibilidad de avanzar a través de las Acciones a distancia y del concepto de Campo

Clicando en *Acción a distancia* se despliega la explicación de lo que se entiende por dicho término en la teoría newtoniana y la discusión sobre las interacciones entre distintos agentes dando los respectivos rangos de validez y características de las leyes que las describen.

Siguiendo con *Comentarios*, la lectura de la pantalla permite continuar con la caracterización de las acciones a distancia e introducir las acciones no instantáneas (como palabra caliente) y discutir características de la fuerza electromagnética

Justificación de la introducción del concepto de campo

En *¿Por qué el campo?* a través de la palabra caliente *reseña histórica* se discuten brevemente las experiencias e ideas que llevan a Faraday a introducir este concepto. Se plantea, por fin, la situación problemática, eje de este material.

Al pulsar *Simulación* se despliega el applet motivador-disparador que simula la situación planteada, es decir el movimiento de las partículas y el par de fuerza coulombiana que actúan sobre cada una de ellas cuando la propagación de la interacción es no instantánea. Se propone en la misma página discutir el cumplimiento o no del principio de Acción y Reacción y su dependencia con la velocidad infinita o finita de propagación de la interacción.

En *Veamos que ocurre. Simulación* otro applet permite variar el retardo debido a la propagación con velocidad finita y sacar conclusiones. Pulsando en *Discusión* de lo visto, en la misma pantalla, se despliega un resumen de lo observado concluyendo que si la interacción es no instantánea **NO SE CUMPLE EL PRINCIPIO DE ACCIÓN y REACCIÓN**. También se invita a estudiar con mayor detalle las variaciones temporales de posición y de las fuerzas Coulombianas F que actúan sobre cada partícula (componentes $[F_x, F_y]$ y módulos F) picando en *Ver simulación con gráficas*

En *¿Y entonces?* Se trabaja con el texto de Física de Eisberg R – Lerner L, donde se resu-

me el interrogante planteado, se marca su relevancia, se da una solución y se comenta la importancia de la introducción del concepto de campo para la resolución de situaciones más complejas.

Se continúa con *Análisis* donde se busca dar solución al interrogante ¿Es posible que el campo experimente una fuerza?, que surge cuando en el texto se plantea la existencia de un *par de fuerzas entre una carga y un campo*. Se enuncian conceptos básicos de la llamada “Física Moderna” para encontrar la respuesta.

En *pero antes* (de entrar al link Campo) se da un nuevo enfoque para entender la situación primaria planteada. En este caso se trabaja con la representación de líneas de campo en vez de hacerlo con los vectores campo

Concepto de campo

Se plantea en *Situación Problemática* una experiencia de electrostática sencilla que sirve para confrontar los modelos de *Fuerzas a distancia y Campo*.

En los links *Conceptos y Definiciones* se comienza a desarrollar algunos de los temas incluidos en la Teoría de Campo.

Conclusiones

Resulta interesante encontrar que de lo expresado por algunos docentes se desprende que la primera versión del CdeC:

- Genera un ambiente “amigable”, con buen diseño visual y buena elección de colores;

- Es importante que los alumnos trabajen con la representación de los campos eléctricos y magnéticos, cuando comienzan a estudiar su comportamiento estático, ya que se establecen las bases para poder conceptualizar posteriormente la electrodinámica y en particular la generación de las OEM;

- Las simulaciones que contiene permiten “visualizar” fenómenos imposibles de reproducir en el laboratorio;

- Puede ser utilizado por los alumnos tanto en clases presenciales como a distancia;

- Contribuye a apropiarse del modelo y a acercarse a una actualización en el tema;

- Colabora en el aprendizaje, ya que el alumno no se ve limitado con los tiempos de clase para trabajar con los mismos;

- Las explicaciones son sencillas, de fácil comprensión, especialmente en lo que se refiere a la velocidad finita de propagación de las interacciones;

- Las simulaciones pueden ser utilizadas como una simple visualización del problema o como un material interactivo, ya que dan la posibilidad de modificar los parámetros y requerir la gráfica de las distintas variables que describen la dinámica del proceso;

- Presenta deficiencias en la navegación, las concatenaciones de hipervínculos, y convendría aumentar la interactividad e incluir una evaluación final.

Referencias

- Baade, N.; Lavagna, M. y Prodanoff, F. (2000) Trabajando con la Ley de Gauss *Memorias 2° CAEDI. San Juan, Argentina*. Baade, N.N., Lavagna, M.E y Mercader, P. (2002). Tutoriales, una propuesta de “flexibilización”. *Actas INTERTECH 2002 (VII Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería y Tecnología)*. Santos. Brasil. Edición electrónica.
- Baade, N.; Lavagna, M. y Prodanoff, F. (2003). “¿Cuándo y cómo calculamos con el Principio de Superposición campos electromagnéticos? *Actas VIII Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física*. La Habana.
- Baade, N.; Lavagna, M. y Costa, V. (2005). El Principio de acción y reacción y las interacciones no instantáneas. *Actas TICEC-05*. La Plata. Edición electrónica. <http://www.lidi.info.unlp.edu.ar/evaluacionpapers/log/Main.cfm?encab>.
- Baade, N.N.; Lavagna, M. E. y Prodanoff, F. (2006) Flujo y circulación de campos eléctricos y magnéticos estáticos. Evaluación de la apropiación conceptual. *Memorias Octavo Simposio de Investigadores en*

- Educación en Física*. Gualeguaychú. Entre Ríos. Edición electrónica pp. 198-208.
- Baade, N.; Prodanoff, F.; Costa, V.; Baade, N. N.; Di Domenicantonio, R. (2009). Vinculación interdisciplinaria entre Física y Matemática para una mejor apropiación de la Ley de Gauss. *Memorias VIII Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física en la Ingeniería. EFING '08*. La Habana. Cuba: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE). CUJAE (Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría). Edición Electrónica. 09PEF, 8 pag. <http://www.cujae.edu.cu/eventos/convencion/Sitios/Efing/index.htm#Resumenes>
- Esquembre, F. (2004-2007). *Programa EJS (Easy Java Simulations)*: Universidad de Murcia. Grupo COLOS. http://www.um.es/Fem/Ejs/Ejs_es/index.html
- Eisberg-Lerner. (1981). *Física. Fundamentos y aplicaciones, volumen II*: Mc Graw. Hill.
- Feynman-Leighton-Sands. (1987). *Física, volumen II Electromagnetismo y materia*: Addison Wesley Iberoamericana.
- García, Franco. (1999-2006) *Física con ordenador. Curso Interactivo de Física en Internet*: <http://www.sc.ehu.es/sweb/fisica/electromagnet/campo/intro.htm>
- Furió, C. y Guisasola, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza De Las Ciencias*, 19 (2), pp. 319-334
- Guisasola, A. J., Zuka, J., Almudi, J. y Zubimendi, J. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada, *Enseñanza de las ciencias* 23, pp.303-320
- Landau-Lifshitz. (1966). *Teoría clásica de campos, Volumen 2*: Reverté.
- Llancaqueo, Alfonso; Caballero, M^a Concesa y Moreira, Marco Antonio. (2003). El concepto de campo en el aprendizaje de la Física y en la investigación en educación en ciencias *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2, N^o 3, pp. 227-253
- Nardi, R. (1991). *Campo de Força: Subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceit.*. Universidade de Sao Pablo. Faculdade de Educação.
- Zerbino, Lía M. y Baade, Nieves N. (2008). Hipertexto para realizar un puente conceptual entre los modelos: fuerzas newtonianas y de campo. Entrevistas de validación. *Memorias del Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física*, Rosario, Argentina, Edición electrónica