



Propuesta y Análisis De Algunas Estrategias De Aprendizaje Activo En El Rediseño De Una Cátedra De Física II En Carreras De Ingeniería
Nélida Beatriz Palma; Sandra Ansise Chirino. Universidad Nacional de San Juan. npalma@unsj.edu.ar

Resumen:

La materia Física II es una materia difícil para los estudiantes universitarios debido, entre otras razones, a que los fenómenos físicos electromagnéticos no son tan cotidianos al estudiante como lo son los fenómenos mecánicos, por ejemplo (Maloney, O'Kuma, Hieggelke y Van Heuvelen, 2001) y exige que el estudiante comprenda el magnetismo por analogía con electricidad (Belcher, Cesky y Huertas, 2005). Los fenómenos ópticos presentan también dificultades en su interpretación a pesar de ser más frecuentes en la vida cotidiana.

Este trabajo tiene el propósito de compartir la experiencia del rediseño educativo de la cátedra Física II en carreras de Ingeniería. Las estrategias presentadas tienen como objetivo lograr aprendizajes significativos utilizando estrategias de enseñanza - aprendizaje activo y colaborativo.

Palabras clave: Aprendizaje activo – colaborativo - Electromagnetismo – Óptica – Simulaciones

1. Objetivos o propósitos:

El mejoramiento de la calidad de la educación en el nivel universitario ha sido y es una preocupación permanente de los docentes y autoridades del sistema universitario argentino.

La consideración de la articulación de los aspectos teóricos y prácticos, como estrategia significativa en las prácticas pedagógicas, guarda estrecha relación con la calidad de los aprendizajes que se logren durante los estudios universitarios. En este contexto y por el valor formativo que tienen las ciencias básicas en la currícula de las carreras de Ingeniería, consideramos que la enseñanza de la Física debe servir de puente a los estudiantes, para pasar de un conocimiento común a uno más elaborado, sistemático y científico.

El docente de Física debe actuar como representante de la comunidad científica y orientar el trabajo de los alumnos de modo que este sea coherente con el modo de enfrentar las cuestiones y con el saber elaborado por la comunidad científica.

El encuadre teórico sobre el cual se apoya el presente planeamiento de Física II surge a partir de la perspectiva de lograr el aprendizaje significativo de nuestros alumnos, basándonos en el APRENDIZAJE ACTIVO Y COLABORATIVO. En este marco, sintetizamos como característica de la propuesta: que el aprendiz es un artesano de sus propios conocimientos y todo conocimiento se construye sobre conocimientos precedentes.

Organizado por:





2. Marco teórico:

El paradigma de transmisión, que es mayoritariamente utilizado en las aulas de la enseñanza media de nuestro Sistema Educativo, se caracteriza por concebir al conocimiento como sustentado en verdades absolutas y construidas desde una lógica formal y abstracta. Parecería que los estudiantes secundarios, no logran profundizar en la comprensión de los conceptos fundamentales que explican a los fenómenos físicos y no lograrían tampoco hacer uso de los mismos para interpretar y predecir el mundo físico y los objetos tecnológicos de él derivados.

Todo cambio en el ámbito de la educación, de la enseñanza de la física, no es un proceso fácil ni corto en el tiempo, puesto que los conocimientos que los estudiantes, han construidos sobre la base de sus experiencias, pueden ser bastante estables, persistentes y resistentes al cambio, constituyendo teorías que a veces no pueden verbalizar, pero que utilizan cuando necesitan resolver un problema de ciencias.

Nuestra experiencia, nos ha demostrado que los estudiantes no comprenden conceptos claves de Física y tienen dificultades para “operar” con ese conocimiento, es decir resolver problemas de Física.

Este trabajo es continuación de una línea de investigación sobre La enseñanza de Física en las carreras de Ingeniería que surgió a partir de los resultados e interrogantes de investigaciones anteriores; en la que nos propusimos diseñar estrategias de intervención didáctica, a partir de las teorías constructivistas del aprendizaje, para procurar superar las dificultades que presentan los alumnos al cursar la cátedra Física II de las carreras de Ingeniería en Alimentos, Civil, Electromecánica, Electrónica, Industrial, Mecánica, Minas y Química de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de San Juan.

2.1- Acerca de la Física y su enseñanza

La física ha tenido un gran impacto tecnológico en la sociedad, particularmente en este siglo, y sobre todo desde mediados del siglo XX. Muchos de los descubrimientos básicos llevados a cabo en los últimos años permitieron una transferencia a la tecnología en muy breve tiempo.

Numerosas carreras universitarias en Argentina incluyen Física dentro de sus planes de estudio. En algunas esta disciplina es central, básica, como en muchas licenciaturas en ciencias, y en la mayoría de las carreras de Ingeniería. En estos casos se imparte una Física General implementada en varios cursos. La cátedra Física II tiene como finalidad que los estudiantes aprendan significativamente los conceptos relevantes de los campos de la Física correspondiente a Electromagnetismo y Óptica.

Organizado por:





El profesor es el mediador entre el conocimiento a enseñar y el alumno, en la Transposición Didáctica, por eso, el diseño de la práctica cobra fundamental importancia.

Diseñar la práctica, es algo más amplio que explicitar los objetivos y contenidos del currículum, supone preparar las condiciones de su desarrollo. Es concretar las condiciones en las que se desarrollará el currículum, y ello supone establecer un puente que permitirá plasmar el paradigma pedagógico que orienta el diseño, en la realidad, es un eslabón que conecta las intenciones y la acción.

A finales de los años 80, Lillian Mc. Dermott y el grupo de catedráticos de física de la Universidad de Washington se cuestionaron sobre el nivel de comprensión conceptual o cualitativa de los estudiantes en sus clases. Con una serie de pruebas podían demostrar que la mayoría de los estudiantes podrían aprobar con éxito una clase introductoria de la física pero muy pocos comprendían la física a nivel conceptual y más aún mantenían ideas falsas sobre conceptos comunes del mundo físico.

Como resultado de estas experiencias crearon un sistema de estudios para enseñar la física introductoria de manera mucho más interactiva que con el típico libro de textos.

El material original fue diseñado para enseñar conceptos de la física en un laboratorio, aplicando habilidades de razonamiento científico; éste material se podía utilizar en lugar de un curso basado en el método de conferencia tradicional. A través de este método los estudiantes no reciben definiciones de los conceptos, sino que, con una serie de preguntas y actividades, se anima a los estudiantes a crear sus propias definiciones de los conceptos básicos tales como masa, fuerza, velocidad, corriente eléctrica, etc. Los experimentos se diseñan cuidadosamente usando resultados de investigaciones previas con el fin de guiar a los estudiantes para que corrijan las definiciones de dichos conceptos.

Poco después de que el grupo de Mc. Dermot comenzara a publicar su material, Sokoloff, R. Thornton, y P. Laws comenzaron a desarrollar el material para un plan de estudios similar pero basándose en los experimentos automatizados más que en el método simple del grupo de McDermot. Adaptando algunos materiales de la clase, podían crear una serie de ejercicios del laboratorio para que los estudiantes trabajen más en conceptos de física y desarrollen habilidades de laboratorio. Este grupo, junto con contribuciones de otros autores, combinaron eventualmente su material en una colección de recursos llamados “Enseñanza de Física Basadas en Actividades” (Activities-Based Physics), una colección de material y actividades de laboratorio que substituye un curso introductorio de cálculo de la física.

Estas estrategias de aprendizaje guían a los estudiantes en la construcción de su conocimiento a través de la observación directa del mundo real. En general utilizan un ciclo de aprendizaje que consta de los siguientes pasos: observación/visualización de la experiencia, predicción individual, discusión entre

Organizado por:





pares en pequeños grupos, y comparación entre el resultado experimental y las predicciones. Este ciclo de aprendizaje, que puede ser representado como PODS (Predicción, Observación, Discusión y Síntesis), favorece que el estudiante coteje las diferencias entre las creencias con que llega a la clase de física y las leyes físicas que gobiernan el mundo real.

Mc. Dermot resume las siguientes generalizaciones que debieran guiar el proceso de “enseñar para comprender”:

- Para evaluar el aprendizaje son esenciales preguntas que requieran de un razonamiento cualitativo y de explicaciones verbales.
- Los estudiantes necesitan una práctica sostenida para interpretar el formalismo físico y relacionarlo con el mundo real.
- Dificultades conceptuales persistentes deben ser explícitamente atacadas en múltiples contextos.
- Los estudiantes deben participar en el proceso de construcción de modelos cualitativos y en la aplicación de estos modelos para predecir y explicar los fenómenos del mundo real.
- El razonamiento científico debe ser expresamente cultivado.
- Los estudiantes deben estar intelectualmente activos en el proceso de aprendizaje para desarrollar una comprensión funcional.

Redish, en su disertación de aceptación del Premio Millikan, otorgado por la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT) por “sus notables y creativas contribuciones a la enseñanza de la física”, propone que para seguir avanzando las investigaciones deben tener una base teórica que enmarque el trabajo de los distintos grupos y permita, por acumulación, la existencia de una reconocida base de conocimiento científico colectivo que caracterice a la enseñanza de la física como una ciencia y no como un arte. En su propuesta estos principios son:

- ✓ El principio constructivista. Los individuos construyen su conocimiento procesando la información que ellos reciben, construyendo patrones de asociación con sus conocimientos previos.
- ✓ El principio contextual. Esta construcción individual depende del contexto, incluyendo los estados mentales del individuo.
- ✓ El principio de cambio. Producir un cambio significativo en un patrón bien establecido es muy difícil, pero puede ser facilitado por una variedad de mecanismos o metodologías conocidas.
- ✓ El principio de la función de distribución. Los individuos muestran una limitada, pero significativa variación en sus estilos de aprendizajes a lo largo de un número de dimensiones.
- ✓ El principio de aprendizaje social. Para la mayoría de los individuos el aprendizaje es más efectivo a través de las interacciones sociales. Al

Organizado por:





discutir con su compañero más cercano y/o en pequeños grupos, los estudiantes se ven forzados a emitir sus razonamientos, los cuales son analizados críticamente por sus compañeros, y si la explicación no es clara y aceptada, generalmente es reelaborada socialmente hasta lograr el consenso necesario. Controlado por el profesor este mecanismo se ha probado de una enorme riqueza.

3. Discusión de los datos, evidencias, objetos o materiales

1- ALGUNAS PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS PARA QUE LOS ALUMNOS DE FÍSICA SEAN PARTICIPES ACTIVOS DE SU PROPIO APRENDIZAJE

3-1 ***TALLERES PARA PENSAR Y COMPRENDER FÍSICA***

La propuesta que se presenta se compone de sesiones para ser trabajadas en grupo, entendiendo que el trabajo grupal, participativo y cooperativo, genera dinámicas de intercambio de conocimientos y experiencias significativas.

El papel del equipo docente-facilitador de la experiencia es esencial para el logro de esta actitud creativa y crítica.

3.1.1. OBJETIVOS

Con esta actividad se espera:

- Promover el interés por las clases prácticas
- Favorecer el trabajo en equipo
- Estimular las competencias individuales
- Lograr la apropiación e integración de conocimientos

3.1.2. METODOLOGÍA

Esta propuesta se llevó a cabo con alumnos de la cátedra Física II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

La cátedra imparte clases teóricas magistrales (240 alumnos), además de prácticas de laboratorio (en grupos de 60 alumnos), se realizan tareas de tutoría, a cargo del equipo de cátedra. Estos Talleres se realizan en el Laboratorio de Física II y consisten en el planteo y resolución de problemas de Electricidad y Magnetismo y Óptica.

Se utilizan estrategias y técnicas diversas, como por ejemplo:

- ❖ Planteo de problemas de lápiz y papel por parte del docente y por parte de los alumnos.

Organizado por:





- ❖ Planteo de situaciones problemáticas de ejecución en el laboratorio, formuladas por los docentes y/ó por los alumnos.
- ❖ Resolución de situaciones problemáticas nuevas y defensas de las mismas frente a sus compañeros.

Cuando el profesor asume el rol de coordinador, los alumnos, en su mayoría pierde el tiempo en buscar “la fórmula” algebraica que le resuelva el problema de modo que sólo un pequeño porcentaje resuelve en forma completa las guías de problemas.

Fue así que para hacer frente a este problema generalizado, consideramos necesario innovar y crear espacios de discusión y aprendizaje colectivo, ensayando estrategias didácticas más adecuadas para subsanar las dificultades, potenciar las capacidades de los estudiantes y respetar su propio ritmo de aprendizaje.

Un punto clave a tener en cuenta cuando se eligen estrategias de enseñanza o metodologías de enseñanza, es la capacidad motivadora de dichas estrategias sobre los alumnos.

A la hora de seleccionar la mejor estrategia posible de utilizar para determinado contenido curricular, se buscó maximizar el aporte de las tres componentes enunciadas a continuación:

- Componente *motivacional*: fuertemente vinculada con el interés (*variables afectivas*, preferencia de los alumnos para con cierto tipo de estrategias didácticas-).
- Componente *cognoscitiva*: referida al amplio abanico de *capacidades intelectuales* de las que disponemos todos los seres humanos, apuntando a obtener un alto aprovechamiento del trabajo conjunto de las mismas.
- Componente *tecnológica*: constituye la *capacidad tecnológica* disponible o factible de alcanzar, para poder concretar la implementación de la estrategia seleccionada.

La estrategia de enseñanza que utilizamos para las clases prácticas es la siguiente:

El profesor resuelve un problema “tipo” de la forma tradicional (en el pizarrón), utiliza simulaciones computacionales cuidadosamente elegidas para cada tema, las cuales son presentadas acompañadas de una rigurosa explicación de su funcionamiento y utilidad. Luego constata los resultados obtenidos por medio del applet, con los obtenidos algebraicamente.

Los alumnos en comisiones de tres integrantes realizan los siguientes pasos:

1. Analizan el applet y resuelven el resto de los problemas del tema.
2. Diseñan y resuelven 1 ó 2 problemas que puedan ser resueltos con la simulación.
3. Exponen, por comisiones, a sus compañeros un problema resuelto y su verificación con el applet respectivo.

Organizado por:





4. En un trabajo colaborativo, los alumnos, guiados por el docente, realizan intercambio de ideas entre las distintas comisiones para arribar a las conclusiones definitivas.

3.1.3 CONCLUSIONES

La solución de problemas fomenta el aprendizaje activo, apoya la construcción de conocimiento, integra disciplinas y, naturalmente, combina el aprendizaje de la escuela con la vida real.

En muchos casos el alumno recurre directamente a herramientas distintas a las que pretendemos, para solucionar un problema dado. En estos casos debemos orientarlo para que procure resolver utilizando los principios y conceptos propios de la asignatura. Sin embargo en estas situaciones es muy recomendable alentarlos a aprovechar esos otros métodos como un modo de corroboración de sus propios resultados.

Esperamos que, estrategias como la que presentamos aquí, adaptadas al contexto de aprendizaje, sean consideradas como un estímulo para identificar necesidades de aprendizaje y para el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior, a la vez que favorezcan el pensamiento crítico y permitan formar estudiantes más motivados y reflexivos.

3.2 TUTORIALES

La metodología de Tutoriales para Física Introductoria ha sido desarrollada por el Grupo de Educación de la Física que dirige Lillian McDermott para los cursos introductorios de física que se dictan en la Universidad de Washington en Seattle (USA). Está basada en un extenso trabajo desarrollado en las últimas dos décadas sobre las dificultades características de aprendizaje de los diversos temas de la física general y el consecuente desarrollo de actividades (Tutoriales) para ayudar a los alumnos a vencer los distintos obstáculos de aprendizaje. Han sido el fruto de un enorme trabajo de investigación sobre las dificultades características de aprendizaje de cada uno de los temas, y del desarrollo científico de material curricular para la superación de estas dificultades.

Los Tutoriales están diseñados para desarrollar la comprensión conceptual de los temas de física básica, así como el razonamiento cualitativo y utilizan como estrategia de aprendizaje el conflicto cognitivo, tendiendo puentes entre lo que el alumno cree o sabe y el conocimiento científico que se quiere incorporar.

Es una de las metodologías de aprendizaje activo más flexible, en el sentido que puede ser utilizada tanto para la introducción de conceptos, en reemplazo o reforzando la clase "teórica", o en algunos casos como práctico de laboratorio, así como una actividad de aprendizaje independiente y complementaria.

La metodología didáctica consta de unas hojas de trabajo (el Tutorial propiamente dicho), de problemas para la casa (Ejercicios Complementarios) y de un Pre-test.

Organizado por:





3.2.1. SECUENCIA DIDÁCTICA DE LOS TUTORIALES

La aplicación de Tutoriales requiere de la realización de las siguientes actividades:

1. La aplicación de un “pre-test del Tutorial”, que los alumnos responden en una clase previa en alrededor entre 10 y 15 minutos. Consiste normalmente de 2 o 3 preguntas cualitativas sobre el concepto(s) del Tutorial y tienen un doble objetivo: alertar a los estudiantes sobre los temas a estudiar, y proveer a los docentes de información sobre los principales problemas de aprendizaje que los alumnos tienen sobre ese tema.
2. Reunión de los docentes para analizar los resultados de los pre-test y realizar el propio Tutorial, en la misma forma que lo harán luego los alumnos. Los docentes, además de familiarizarse con el material, pueden identificar las preguntas con que guiarán, de manera socrática, la actividad de los alumnos. Este paso es esencial para el éxito de la estrategia didáctica.
3. Los estudiantes realizan el Tutorial en clase, trabajando en pequeños grupos cooperativos. Toma entre 50 minutos (Seattle y otras universidades), hasta 2 horas (San Luis, universidad y escuela secundaria).
4. Ejercicios complementarios, para realizar luego de la clase en forma individual, para afianzar los conceptos trabajados en el Tutorial. Es conveniente que tengan algún tipo de corrección, y que sus resultados sean puestos a disposición de los alumnos para garantizar el rol en el aprendizaje.
5. En la evaluación del curso debería incluirse al menos un problema del tipo de Tutorial.

3.2.2. OBJETIVOS

Con esta actividad se espera:

- Adquirir experiencia práctica en la utilización de “Tutoriales”.
- Promover la aplicación de estrategias que permitan al alumno reforzar e integrar conceptos de Óptica Geométrica.

3.2.3. METODOLOGÍA UTILIZADA

Esta propuesta se llevó a cabo con alumnos de la cátedra Física II, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Se analiza el uso de “Tutoriales para Física Introductoria” diseñados para el aprendizaje de OPTICA GEOMETRICA.

Se dispuso de dos grupos, el GRUPO EXPERIMENTAL (24 alumnos), en donde se emplea la estrategia de aprendizaje, son alumnos de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, y el GRUPO CONTROL formado por alumnos de Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Minas (28 alumnos), los cuales desarrollaron las clases en forma tradicional.

Organizado por:





3.2.4. EVALUACION DE LA EXPERIENCIA

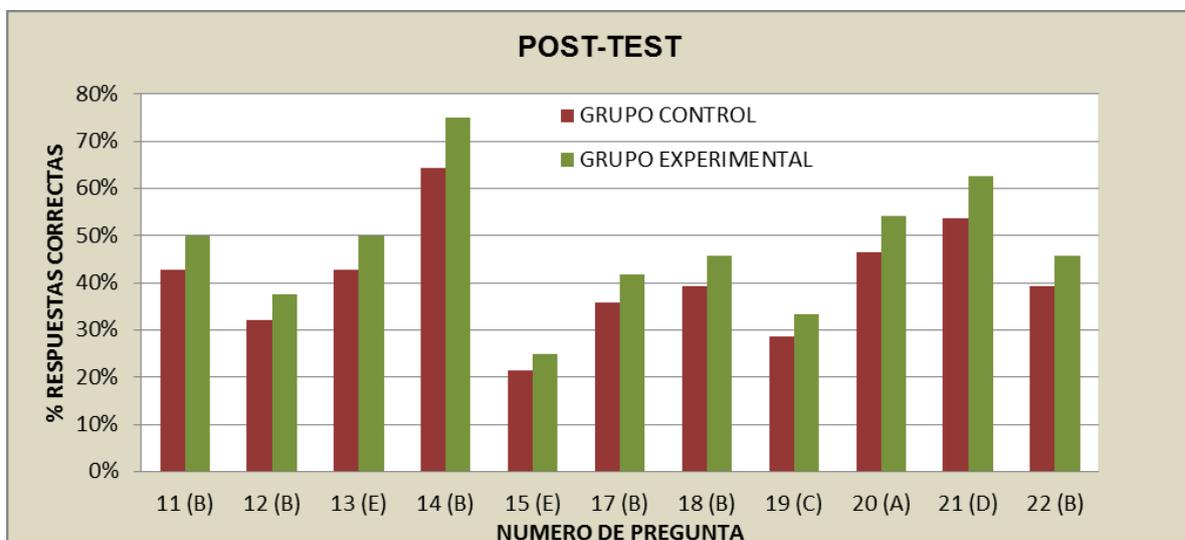
La evaluación de la instrucción se ha realizado mediante la aplicación de diagnósticos de respuestas múltiples al inicio (pre-test) y al final de la instrucción (post-test). Este procedimiento permite valorar el efecto del uso de Tutoriales.

El instrumento de medición utilizado, es el test denominado "Evaluación Conceptual de Luz y Óptica" (Light and Optics Conceptual Evaluation (LOCE)), desarrollado por David Sokoloff, consta de 51 preguntas.

Resultado del Test sobre los conceptos de Óptica Geométrica.

Se han considerado solo las preguntas que se refieren a Óptica Geométrica cuyos conceptos son los implicados en nuestra investigación. Los números de las preguntas analizadas son los siguientes: 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, y 22.

En el gráfico compara porcentajes de estudiantes del GRUPO EXPERIMENTAL y del GRUPO CONTROL que respondieron bien en el Post-test.



Los resultados después de la instrucción han mostrado una importante diferencia en aprendizaje entre los alumnos que siguieron la enseñanza mediante Tutoriales, respecto a aquellos que siguieron la estrategia tradicional.

De los resultados mostrados, y de aquellos que aparecen en la literatura, es claro que la utilización de "Tutoriales para Física Introdutoria" genera aprendizajes significativos superiores a los logrados con la instrucción tradicional.

4. Resultados y/o conclusiones

Organizado por:





Se observó una respuesta muy favorable por parte de los alumnos, que trabajaron con mayor motivación que en otras actividades. El diseño didáctico se analizó en primer lugar desde un punto de vista cualitativo, a través de la observación de las clases, del modo en que trabajaron los alumnos y de sus expresiones orales.

En general, los alumnos afirman que su mayor motivación ha sido la toma de conciencia de su utilidad para la comprensión de contenidos clasificados por ellos como difíciles, siendo fundamental a ese objetivo, la realización de las actividades con distinto nivel de complejidad, orientadas a desarrollar procesos de búsqueda de conocimientos que requieren no sólo del uso de la simulación sino el de otros recursos, lecturas y análisis en forma complementaria.

Es claro que siguiendo metodologías de enseñanza que favorecen el aprendizaje activo se obtienen niveles de logro claramente superiores a los de las clases tradicionales.

5. Bibliografía

- ANDER-EGG, EZEQUIEL: "El taller una alternativa para la renovación pedagógica" (Buenos Aires, Libris ed.) (1991)
- AUSUBEL, D; J. NOVACK; H. HENESIAN. Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo. México. Trillas. 1983.
- BELCHER, J. W. Y OLBERT, S. (2003). "Field line motion in classical electromagnetism",
- BENEGAS, J. (2007), "Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física", en Latin American Journal Physics Education, Vol. 1, No. 1.
- BRANDI, Stella: La Didáctica y el Diseño Curricular. Apuntes de cátedra. Didáctica y Curriculum. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. 2001.
- BONWELL, C., and J. EISON, "Active Learning: Creating Excitement in the Classroom," ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1, 1991
- DAWES, CH. - Tratado de Electricidad (Corriente Alterna) Tomo II
- EISBERG-LERNER: "Física – Fundamentos y aplicaciones" – Vol. II
- Felder, M. R., Brent, R, Effective Strategies for Cooperative Learning, J. Cooperative & Col. In College Teaching, 10(2), (2001)
- Gardner, H. Mentes creativas. Barcelona. Paidós, 1995.
- Gimeno Sacristán, J. Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículo. (REI Buenos Aires) 1988

Organizado por:





- Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez A. Comprender y Transformar la enseñanza. Editorial Morata, . 1992.
- Guyot, V. , La Enseñanza de las Ciencias, en Estudios sobre la Enseñanza. Revista Alternativas. Serie Espacio Pedagógico. LAE, Universidad Nacional de San Luis. Año IV, N° 17, 1999.
- Haliday-Resnick “Física” – parte 2- Tercera edición.
- Hansen, D. The moral importance of the teacher’s style. Journal of curriculum studies., vol.25, N°5, 1993..
- Litwin, E. Las configuraciones didácticas. Buenos Aires. Paidós,1996.
- McDermott L. C. y Redish, E. F. (1999), “Resource Letter: PER-1: Physics Education Research”, Am. J. Phys. 67, 755-767
- McDermott L.C., Shaffer P.S. (2001), “Tutoriales para Física Introductoria”, Ed. Prentice Hall, Buenos Aires.
- McDermott, L.C. (1993), “Guest comment: How we teach and how students learn: A mismatch”, Am. J. of Phys. 61, 295-298. En español en Mc Dermott, L. C. (1993), “Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste?”, (Primera parte), en Revista de Enseñanza de la Física 6, 19-32.
- Nisbet, J. y Shuckmith, J. 1987.Estrategias de aprendizaje. Editorial Santillana. Madrid
- Novak, J. 1985. Teoría y práctica de la Educación. Madrid. Alianza.
- Palma, Leonetti Y Otros 2001: Algunas dificultades detectadas en la comprensión de los alumnos cuando ingresan a cátedras de Física en la Universidad. UNSJ.
- Palma, Leonetti Y Otros 2001: Estilos de Aprendizaje de los alumnos ingresantes a cátedras de Física en la Universidad. UNSJ.
- Perkins, D. La escuela inteligente. Barcelona, Gedisa. 1997.
- Pinilla Roa, E. (ed.). Reflexiones en educación universitaria. Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá). Bogotá, 1999.
- Porlán, R.. Hacia un modelo de enseñanza aprendizaje de las ciencias por investigación . En Kaufman, M y Fumagalli, L (comp.) Enseñar Ciencias Naturales pp 23-64. Paidós Educador. Buenos Aires Argentina, 1999.
- Pozo, J y Postigo Aragón, Y. Las estrategias de aprendizaje como contenidos del currículo, Barcelona 1993.
- SALOMÓN, G.; PERKINS, D. Y GLOBERSON, T. Coparticipación en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana con las tecnologías inteligentes. Revista comunicación, lenguaje y educación, 1992.

Organizado por:





SEARS-ZEMANSKY “Física”- Tomo único.

SOKOLOFF, David R. (1997), “Light and Optics Conceptual Evaluation”.

SOKOLOFF, David R. (2006), “Aprendizaje Activo de óptica y fotónica”, en Manual de entrenamiento. UNESCO, Edición preliminar en español.

Organizado por:

