

Software de Simulación integrado a experimentos de laboratorio sobre fluidos

Kofman, H., Concari, S. y Cámara, C.
Departamento de Física - Facultad de Ingeniería Química -
Universidad Nacional del Litoral. Stgo. del Estero
2829 – 3000 – Santa Fe. Argentina
hkofman@fiquis.unl.edu.ar

Resumen

En este trabajo se describe y fundamenta una propuesta didáctica publicada en formato de libro con un CD para docentes que enseñan física en niveles medio y universitario básico. La actividad cognitiva que se propone está centrada en la realización de experimentos de laboratorio con materiales propios de la vida cotidiana, y simulaciones computacionales. Las tareas propuestas deben ser realizadas y explicadas por los alumnos a través de un trabajo grupal, con asistencia del docente.

Se trata de una modalidad de enseñanza que combina las nuevas tecnologías con los trabajos prácticos de laboratorio, sobre la base de una concepción del aprendizaje como una construcción del sujeto que aprende

Palabras clave:

simulación, experimentos, enseñanza, física, fluidos.

Abstract

A didactic proposal published in a book with a CD is presented. The proposal is directed to professors that teach physics in middle and university basic levels. The cognitive activity that is proposed is centered in the accomplishment of laboratory experiments with materials of the daily life, and computational simulations. The tasks proposed should be accomplished and explained by the pupils working in-groups with assistance of the professor.

It is considered a teaching modality that combines the new technologies with the practical laboratory projects, on the base of a conception of the learning as a construction of the subject that learns.

Keywords:

simulation, experiments, teaching, physics, fluids

1. Marco teórico

Hay contenidos de la enseñanza, en un sentido amplio, que están relacionados no sólo con los fines cognitivos, sino también con la formación de valores, de actitudes y de la personalidad, que se vinculan fuertemente al modelo de enseñanza que se adopte.

Gerome Bruner (1997) propone una organización de la clase basada en la “comunidad de aprendices mutuos”, en contraposición con la clase expositiva de “transmisión” unilateral, considerando que el primer tipo de clases tiene que ver con los objetivos de la enseñanza y no sólo con su eficacia: “... en la mayoría de las materias en las que hay que llegar a dominar un tema, también queremos que los aprendices alcancen un juicio sensato, que lleguen a confiar en sí mismos, que trabajen bien unos con otros. Y tales competencias no florecen bajo un régimen de ‘transmisión’ de dirección única.” (Bruner, 1997, pág. 39).

Las diferencias en los niveles de desarrollo de los alumnos del grupo no se constituye en un obstáculo, sino en un elemento que beneficia el aprendizaje de todos: quienes más saben profundizan sus conocimientos a través del mecanismo de “externalización” (Bruner, op. cit.), y los que aparecen como más rezagados pueden avanzar mejor con la ayuda de sus compañeros. Ese aspecto de la relación entre aprendices se sustenta en el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (o Potencial) de Vigotsky (1977) para el cual las actividades a realizar no deben estar en el nivel actual de conocimientos, sino algo más adelante: lo que el alumno logre resolver con ayuda de sus pares o del docente.

Por otra parte, las actividades de aprendizaje que implican la resolución de situaciones problemáticas, juegan un importante rol motivador. Tal como lo plantea Ausubel (Ausubel, Novak y Hanesian, 1991), la motivación es de la mayor importancia para el aprendizaje, como una de las tres condiciones para el aprendizaje significativo: que el sujeto tenga “una predisposición para el aprendizaje significativo”, “dado que comprender requiere siempre un esfuerzo, la persona debe tener algún motivo para esforzarse” (Pozo, 1987, pág 213). El desafío ante una situación no resuelta sería una de las fuentes de motivación. Pero también deben contemplarse otras condiciones que hacen a la motivación intrínseca, tal como la curiosidad epistemológica que puede inducirse a través de situaciones paradójicas (Ball, 1988) y de la discusión de fenómenos de la vida cotidiana que generen inquietudes o extrañezas.

La vinculación de los contenidos de la Física con situaciones de la vida cotidiana puede a su vez aportar a otras de las condiciones del aprendizaje significativo: que lo aprendido tenga significado psicológico para el sujeto. Finalmente, el necesario análisis teórico de las situaciones problemáticas incorpora el significado lógico, que es la tercera condición para el aprendizaje significativo.

Por otro lado, la experimentación de laboratorio encarada no como simple rutina, sino como práctica inteligente, es decir vinculada a la teoría, sirve para que los alumnos se ejerciten en construcción de modelos explicativos, que juegan un rol de mucha importancia en el aprendizaje conceptual (Arese et. al., 1991; Concarí et.al., 1997; Salinas et. al., 1995). Dado el carácter de ciencia experimental de la física, deben jerarquizarse en la enseñanza de esta disciplina, los trabajos prácticos de laboratorio.

La utilización de simulaciones, integradas a otras actividades de aprendizaje, a través del planteo de situaciones problemáticas posibilita abordar tanto situaciones que pueden reproducirse experimentalmente como simular fenómenos de difícil reproducibilidad en el laboratorio se ha extendido en los últimos tiempos (Hestenes, 1995; Kofman, 1998; Kofman et. al., 2000). Al mismo tiempo, introduce al alumno en el uso de nuevas herramientas cognitivas, como medio para resolver problemas. La flexibilidad que presentan las simulaciones y su condición de interactivas, permiten trabajar en una modalidad exploratoria, en la que el alumno construye sus conocimientos tratando de

dar respuesta a las situaciones planteadas, mediante la combinación de la experimentación virtual (simulación) y el análisis teórico correspondiente, utilizando las hipótesis como vínculo entre ambos aspectos.

Teniendo en cuenta que la simulación no es más que la experimentación con modelos matemáticos, y que en la misma se pueden apreciar las limitaciones de dichos modelos, o la existencia de distintos modelos para describir un mismo fenómeno, trabajar con simulaciones permite al alumno una comprensión inicial (intuitiva) sobre el rol que juegan los modelos en la estructura conceptual de la física.

La combinación de las nuevas tecnologías informáticas con los trabajos prácticos de laboratorio, tiene un inmenso potencial en la enseñanza de las ciencias experimentales, en tanto mediante la simulación es posible presentar a los estudiantes fenómenos cuya realización en el laboratorio es difícil o aún imposible.

La motivación del alumno, que fundamenta la propuesta aquí presentada ha sido destacada como relevante en la enseñanza de la física. Muestra de ello es el otorgamiento al profesor Miguel Angel Cabrerizo Vílchez, catedrático de la Universidad de Granada, del primer premio en el concurso Physics on Stage 2 (Noticias de Ciencia y Tecnología, 2002). Precisamente, su trabajo se ha orientado a recuperar el interés de los estudiantes por la física a partir de los experimentos. Al respecto, considera que *"si realizamos y enseñamos a realizar con éxito un experimento sencillo, en el que se ponga de manifiesto claramente un fenómeno físico, será una actividad instructiva y gratificante y despertará el interés por la Física"*. No se trata de hacer "tonterías" en las clases, sino de utilizar experimentos sencillos y juguetes para explicar principios y cuestiones fundamentales de la física, y particularmente, de relacionar esta materia con la vida cotidiana para que los estudiantes puedan captar y apreciar mejor su importancia y sentido.

Ese trabajo es de alguna forma una respuesta a la problemática del poco interés en los jóvenes por el estudio de la física, la que deplorablemente en los últimos años, casi ha desaparecido del Bachillerato.

Sintéticamente, de acuerdo a lo antes expuesto, los objetivos que orientan la propuesta aquí presentada son los siguientes:

- 1) Poner al alcance de los docentes un conjunto de actividades didácticas motivadoras y con materiales de bajo costo, que ayuden a introducir y desarrollar los contenidos temáticos.
- 2) Promover en los docentes el empleo de experimentos sencillos en el aula.
- 3) Fomentar el empleo de software de simulación en la enseñanza de la física.

La transposición didáctica de los contenidos a enseñar está orientada por los experimentos y simulaciones aquí presentados, pero el docente es quien, en última instancia, debe seleccionar y adecuar las propuestas al contexto áulico particular.

2. Contenido y formato del material

La propuesta, contenida en el libro: Experiencias y simulaciones computacionales para la enseñanza de los fluidos (Concari, Kofman y Cámara, 2001), destinado a docentes que enseñan

física en niveles medio y universitario básico, abarca los temas de fluido-estática: presión, flotación y tensión superficial, y fluido-dinámica: fluidos ideales y fluidos viscosos¹.

Cada uno de los temas abordados se desarrolla en un capítulo que comprende: una presentación teórica de los contenidos, una serie de fichas para el alumno para la realización de las experiencias propuestas, y las explicaciones sobre las experiencias para el docente. En los últimos capítulos se presentan preguntas referidas a situaciones que permiten relacionar la física de los fluidos con otras disciplinas, para facilitar y promover el trabajo docente por áreas e interdisciplinario. Finalmente se incluye una evaluación en la modalidad de selección múltiple, de los contenidos tratados en el libro. Se adjunta también un CD con el programa de instalación del software de simulación, para el que se requiere Windows 95 o posterior, y una versión para ser copiada e instalada mediante disquetes².

La presentación teórica está centrada en los conceptos y relaciones básicas y su aplicación para interpretar fenómenos de la vida diaria. Se presenta sólo una síntesis, destacando los conceptos básicos, las propiedades de los sistemas en estudio, los factores que condicionan y caracterizan los fenómenos, y las relaciones y leyes básicas correspondientes. Esta revisión no pretende ser un texto para la enseñanza sino que está dirigido al docente, con el objetivo de resaltar los conceptos más importantes de cada tema. La profundidad con que son desarrollados los contenidos, puede exceder (de acuerdo con el nivel en el que se aplique) lo que se pretende que un alumno aprenda, pero responde a un grado de información y tratamiento de conceptos que el profesor debe conocer para enseñar estos contenidos. Para lecturas más completas sobre los temas, se recomienda la bibliografía contenida en el Anexo A.

Las fichas para la realización de las experiencias propuestas que pueden ser fotocopiadas y distribuidas a los alumnos, comprenden el listado de materiales necesarios, las consignas para los alumnos y las actividades que éstos deben desarrollar. Se han incluido experiencias que pueden ser empleadas como elemento motivador para iniciar el tratamiento del tema, otras que requieren conocimientos previos sobre el mismo, y otras de aplicación de los conocimientos relativos al tema.

Finalmente, en las explicaciones para el docente, se fijan los objetivos de aprendizaje seleccionados para cada experiencia y se dan orientaciones a fin de facilitar el trabajo docente en el aula. Todas las experiencias han sido armadas y realizadas por los autores, de modo que en las explicaciones para el docente, se incluyen aquellas cuestiones sobre las que hay que prestar especial atención a fin de que las experiencias resulten exitosas, y promuevan el aprendizaje deseado.

La lista de experimentos y simulaciones correspondientes a los temas antes mencionados es la siguiente:

- 1) Medición de presión hidrostática relativa usando un manómetro de bajo costo.
- 2) Inversión de un vaso con agua tapado con papel.
- 3) Ascenso del agua por vacío parcial en una botella.
- 4) Uso de manómetros y barómetros metálicos. Modelo en papel.
- 5) Medición de la presión arterial
- 6) Aplicaciones a la vida cotidiana: nivel de manguera flexible.

¹ Ejemplares del libro pueden solicitarse por correo electrónico al Sr. Alejandro Lencina: alencina@unl.edu.ar.

² El software utilizado en esta propuesta didáctica está disponible en forma gratuita en www.grupogalileo.org.ar.

- 7) Modelo experimental de prensa hidráulica de bajo costo.
- 8) Modelo experimental de bomba de vacío de bajo costo.
- 9) Variación de la presión con la temperatura.
- 10) Estudio del teorema Fundamental de la Hidrostática mediante la Simulación con la aplicación *Presión Hidrostática* del software *Fluidos*.
- 11) Flotación de objetos de diferentes tamaños, formas y materiales.
- 12) Aplicación práctica: inmersión y flotación de un huevo en soluciones salinas.
- 13) Medición de la fuerza de empuje.
- 14) Una reproducción del problema de Arquímedes y la corona de la Reina: determinación del porcentaje de estaño en una aleación por medio de pesadas en aire y agua.
- 15) Densímetro de bajo costo.
- 16) Estudio de la flotación de un cuerpo sólido con la aplicación *Flotación* del software *Fluidos*.
- 17) Flotación por efecto de la tensión superficial.
- 18) Efecto del detergente sobre la flotación por tensión superficial
- 19) Desplazamiento de palillos flotantes por agregado de una gota de detergente.
- 20) Expansión de un lazo de hilo flotante por agregado de detergente en su interior.
- 21) Expansión de un lazo de hilo por una película de agua.
- 22) Elevación de un alambre por una película líquida.
- 23) Determinación cualitativa del coeficiente de tensión superficial.
- 24) Formación de películas líquidas: pompas de jabón.
- 25) Formación de superficies mínimas con películas líquidas.
- 26) Gotas de líquidos sobre sólidos: efecto del material.
- 27) Gotas de líquidos sobre sólidos: efecto de sustancias tensio-activas e impermeabilizantes
- 28) Emulsiones.
- 29) Ascenso y descenso capilar.
- 30) Aplicación: toma de muestras para análisis.
- 31) Ascenso de sabia en vegetales.
- 32) Sustentación dinámica de una tarjeta de papel.
- 33) Desviación de una pelota en rotación.
- 34) Trompa de vacío.
- 35) Sifón.
- 36) Pulverizador.
- 37) Estudio cualitativo de la viscosidad de distintos fluidos y su relación con el concepto de densidad.
- 38) Medición del coeficiente de viscosidad por medio de la determinación de la velocidad límite de una esfera en un líquido.

39) Estudio de la caída de cuerpos esféricos en aire y líquidos con la aplicación *Caídas* del software *Fluidos*.

3. Ejemplo de experimento de laboratorio

A fin de poner de manifiesto las características de la propuesta, a continuación se describe un experimento: Modelo experimental de prensa hidráulica de bajo costo.

La ficha para el alumno se transcribe a continuación:

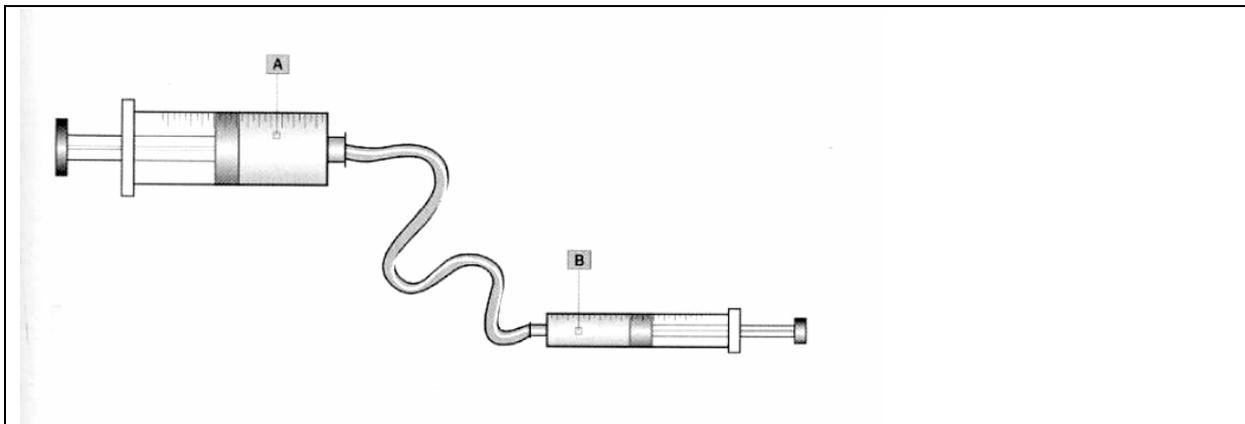
Experiencia 7: Modelo experimental de prensa hidráulica de bajo costo

Materiales necesarios: Dos jeringas, una de unos 20 o 25 cm³ y la otra de 2,5 cm³, tubo plástico de unos 20 cm de largo, que ajuste a presión en los picos de las jeringas.

Actividades: Llenar el tubo con agua e introducir agua en las jeringas hasta la mitad. Conectar las jeringas a través del tubo, de manera que el mismo ajuste fuertemente en los picos y que no quede aire en el interior de estos elementos. En caso de ser necesario, se puede ajustar la manguera a los picos con abrazaderas o alambre.

Realizar una “pulseada de fuerza” entre dos alumnos: ambos alumnos deben tratar de empujar su émbolo. Antes de que empiecen se permiten apuestas “al de la jeringa grande” (A) o “al de la jeringa chica” (B). Discutir el resultado de la pulseada y dar una explicación. Pueden probar otros alumnos para comprobar o desmentir las conclusiones alcanzadas.

¿Qué tiene en común esta experiencia con la prensa hidráulica?



Las explicaciones para el docente se transcriben a continuación:

Experiencia 7: Modelo experimental de prensa hidráulica de bajo costo.

Objetivos: Que el alumno comprenda a través de una experiencia motivadora el principio de funcionamiento de la prensa y otras máquinas hidráulicas (ascensores de autos, topadoras, etc.)

Explicación: Cuando se comprime el agua (líquido hidráulico) que está en el interior del tubo y de las jeringas, su presión será prácticamente la misma en todas partes. La fuerza que ejercerá sobre cada émbolo será proporcional a la superficie del mismo. Para que exista equilibrio, el alumno que tiene la jeringa grande deberá entonces realizar mayor fuerza que el otro. De manera que este último puede vencer al primero ejerciendo una fuerza menor.

$$F_1 = p A_1 \quad \text{y} \quad F_2 = p A_2$$

Como la presión es la misma, resulta: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$

Y siendo $A_1 > A_2 \Rightarrow F_1 > F_2$

Así es como se multiplica la fuerza en una prensa hidráulica: una fuerza pequeña sobre un émbolo pequeño, se transforma en una fuerza grande sobre un émbolo de mayor superficie.

Esta conclusión no aparece como evidente desde el principio, de ahí que es común que los alumnos apuesten al de la jeringa grande. Podrían apostar al de la jeringa chica, intuyendo que el docente quiere enfrentarlo a una paradoja.

4. Ejemplo del uso de una simulación

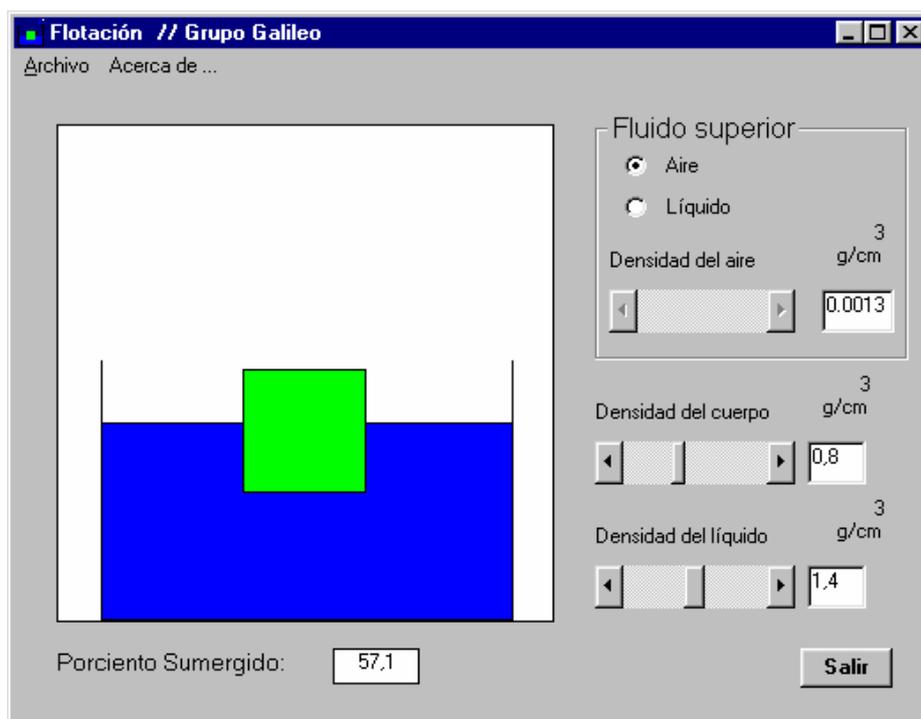
El software Fluidos calcula la fracción sumergida de un sólido en flotación, y representa gráficamente la situación correspondiente. Puede darse el caso de flotación, hundimiento o equilibrio del cuerpo en medio del líquido (esto último cuando se igualan las densidades). También es posible incorporar un segundo líquido en la parte superior (no miscible con el anterior), en cuyo caso se pueden también estudiar las distintas alternativas que se presentan. A continuación se transcribe la ficha para el alumno y se muestra una pantalla a modo de ejemplo.

Experiencia 16: Estudio de la flotación de un cuerpo sólido con la aplicación Flotación del software Fluidos.

Materiales necesarios: Computadora con Windows 95, Software FLUIDOS, Aplicación: FLOTACIÓN

Actividades: Utilizar el software indicado para responder al siguiente cuestionario. Para ello hay que realizar las experiencias simuladas que se considere conveniente, explicar las respuestas sobre la base de las observaciones realizadas y a la expresión de la fuerza de empuje hidrostática.

- 1) ¿Qué condición debe cumplir un cuerpo sólido para flotar en un líquido?
- 2) ¿Por que los témpanos tienen un volumen tan grande bajo la superficie en flotación? ¿Qué ocurre con el “telgopor” (poliuretano expandido)?
- 3) ¿Qué ocurre cuando se igualan las densidades del cuerpo y el líquido?
- 4) ¿Qué condición se debe cumplir para que un cuerpo quede flotando entre dos líquidos no miscibles (como el agua y el aceite)? ¿Cómo se puede hacer para que el cuerpo tenga la mitad exacta de su volumen en cada líquido?



Las explicaciones para el docente se transcriben a continuación:

Experiencia 16: Estudio de la flotación de un cuerpo sólido con la aplicación *Flotación* del software *Fluidos*.

Objetivos: Que el alumno refuerce sus conocimientos sobre la relación entre las densidades de un sólido y de un líquido en cuanto a sus posibilidades de flotación, a través del experimento virtual, modificando las variables a su propio criterio.

Explicación: El software calcula la fracción sumergida de un sólido en flotación, y representa gráficamente la situación correspondiente. Puede darse el caso de la flotación, del hundimiento o del equilibrio del cuerpo en medio del líquido, cuando se igualan las densidades. También es posible incorporar un segundo líquido en la parte superior no miscible con el anterior, en cuyo caso se pueden también estudiar las distintas alternativas que se presentan.

La primera pregunta está orientada a que el alumno vincule la flotación con la relación entre las densidades del sólido y del líquido. Si el sólido tiene densidad menor, flotará en el líquido, en caso que tenga mayor densidad se hundirá y cuando tenga igual densidad se mantendrá en un equilibrio indiferente dentro del líquido, pudiendo ser trasladado a cualquier altura. Esto se explica a partir de las expresiones del peso y del empuje hidrostático.

La segunda pregunta indaga un poco más sobre la situación de flotación. En todos los casos la fuerza de empuje debe igualar al peso en la condición de equilibrio. Como la fuerza de empuje es proporcional al volumen sumergido (y a la densidad del líquido), un cuerpo de mayor peso y densidad tendrá que tener un mayor volumen sumergido para poder flotar.

$$\text{Peso} = \text{Fuerza de Empuje} \quad \Rightarrow \quad V_c \cdot \delta_c \cdot g = V_s \cdot \delta_l \cdot g$$

El hielo tiene una densidad apenas menor que el agua líquida (δ_c apenas menor que δ_l), entonces será el volumen del cuerpo (V_c) apenas superior al volumen sumergido (V_s). En cambio para el telgopor: $\delta_c \ll \delta_l$, entonces será $V_c \gg V_s$.

Para responder a la tercer pregunta, se igualan las densidades y por lo tanto se igualan los volúmenes en la ecuación anterior. El equilibrio se obtiene con el cuerpo totalmente sumergido en el líquido.

Para responder a la última pregunta, los estudiantes modifican las variables correspondientes y deben llegar a la conclusión de que la densidad del cuerpo debe tener un valor intermedio entre la de los dos líquidos: menor que la del líquido inferior y mayor que la del líquido superior. Como caso particular, se tiene el equilibrio con la mitad exacta del cuerpo en cada líquido, cuando la densidad del cuerpo es el promedio entre las densidades de los líquidos. Estas situaciones se pueden demostrar, considerando que ahora actúan dos fuerzas de empuje, una debida al líquido inferior y otra al superior.

5. Consideraciones finales

De los casi 40 experimentos y simulaciones que contiene el libro, el profesor podrá seleccionar aquellos que sean potencialmente más adecuadas al nivel en el que las aplica y a los medios con que cuenta.

La propuesta aquí presentada, como toda estrategia didáctica, requiere necesariamente de la formación del docente que la aplica en lo que atañe tanto a sus conocimientos de la disciplina como a su capacidad de manejo de técnicas grupales. La modalidad de realizar experimentos para los que los estudiantes deben proporcionar explicaciones, así como el manejo autónomo de las simulaciones, provoca respuestas no previstas, nuevas preguntas y situaciones inéditas en el aula, que el docente debe enfrentar y resolver. Es en este sentido que el mismo debe estar preparado y contar con un bagaje adecuado de conocimientos y de habilidades, que le permitan actuar en consecuencia.

6. Referencias

1. Arese, A., Concari, S., Pozzo, R., Giorgi, S., y Carreri, R. (1991). El trabajo práctico de laboratorio: un enfoque no estructurado. En: Memorias de la 7ma. Reunión Nacional de Educación en la Física. Pp 138-143. Mendoza.
2. Ausubel, D., Novak, J y Hanesian, H. (1991) Psicología Educacional, un punto de vista cognitivo. 5ta. Reimpresión Trillas. México.
3. Ball, S. (1988). La Motivación Educativa. NARCEA. Madrid.
4. Bruner, J. (1997). La educación, puerta de la cultura. Visor. Madrid.
5. Concari, B., Carreri, R., Giorgi, S., Cámara, C., Alzugaray, G. y Pozzo, R. (1997) Introducción al movimiento oscilatorio a través del redescubrimiento. Revista Española de Física, Vol. 11 Nro.1, Pp 32-37
6. Concari, S., Kofman, H. y Cámara, C. (2001). Experiencias y simulaciones computacionales para la enseñanza de los fluidos. Centro de Publicaciones, UNL. Santa Fe.
7. Hestenes, D. (1995). Modeling software for learning and doing physics. In: C. Bernardini, C. Tarsitani and M. Vicentini (Eds.) Thinking physics for teaching. Plenum Press. New York.
8. Kofman, H. (1998). Movimiento de partículas libres: una propuesta pedagógica basada en software exploratorio. En: Actas del IV Congreso Ibero Americano de Informática Na Educação, RIBIE' 98. Brasilia. Trabajo Nro. 158 en CD.
9. Kofman, H., Tozzi, E., Lucero, P. (2000). La unidad experimento – simulación en la enseñanza informatizada de la física. Revista Enseñanza y Tecnología. Vol. 1 Pp 16-24.
10. Noticias de Ciencia y Tecnología:
11. <http://www.amazings.com/ciencia/noticias/030502a.html>.
12. Pozo, J. Teorías cognitivas del aprendizaje. (1987). Morata. Madrid.

13. Salinas, J., Gil Pérez, D. y Cudmani, L. (1995). Presentación de una propuesta superadora para las prácticas de física básica en laboratorios universitarios. En: memorias REF IX. Salta. Pp 363-370
14. Vigotzky, L.S. (1977). Pensamiento y lenguaje. La Pléyade. Buenos Aires.

Anexo A

- Galloni, E. y Ruival, H. (1983). Física (Mecánica y Acústica). Nigar S.R.L. Buenos Aires.
- Giancoli, D. C. (1985). Física. Principios y Aplicaciones I. Reverté S.A. España.
- Wilson, J. D. (1990). Física 2da. Edición. (Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México).
- Wilson, J. D. (1991). Física con aplicaciones 2da. Edición. Mc Graw-Hill. México.
- Stollberg, R. y Hill, F. (1972). Física. Fundamentos y fronteras. Publicaciones Cultural S.A. México.
- Sears, F., Zemansky M. y Young, H. (1986). Física Universitaria. Addison-Wesley Iberoamericana, Delaware, E.U.A.
- Glasstone Samuel, L. D. (1969). Elementos de Físico-Química, 2da. Edición. Ed. Médico Quirúrgica. Buenos Aires.
- Becher, P. (1955). Principes of emulsion technology. Reinhold Publ. New York.