

EL MICROCOMPUTADOR: VERSÁTIL HERRAMIENTA EN LOS CURSOS DE FÍSICA

Bernardo Gómez Moreno

RESUMEN

Se presenta lo que es la física y lo que se pretende con los cursos de física. Basándose en esto se tratan brevemente los recursos necesarios para enseñar esta disciplina, haciendo especial énfasis en la necesidad del buen maestro con experiencia en investigación científica y en la interacción maestro-alumno. Se presenta al microcomputador como una versátil herramienta en los cursos de física y se previene sobre lo que no es el microcomputador, sobre lo que no se pretende con su uso, sobre lo que no se puede conseguir con él. Finalmente se muestran algunos ejemplos de software desarrollado en la Universidad de los Andes para la enseñanza de la física y de la forma de aplicación de la hoja electrónica para la simulación de procesos dinámicos, como un ejemplo de la aplicación de herramientas generales con fines educacionales.

¡Tenemos que estudiar física!

La física es la ciencia fundamental del espacio, el tiempo y la materia que forman el Universo. Es la ciencia de las ciencias sobre la cual deben descansar los principios últimos de la materia, la vida y el cosmos. Es la ciencia más aplicada: forma parte de los fundamentos de las ingenierías, la química, la astronomía, la biología y la medicina. Es la ciencia que ha exigido y facilitado los avances más profundos de las matemáticas, cuyos resultados utiliza en la investigación del mundo.

Así, debido al papel básico que desempeña la física, todos los jóvenes en el colegio y más adelante los estudiantes de muy diversas carreras en la universidad tienen que estudiar física. Para todos ellos la física trata cosas como fuerzas, energía, movimiento, sonido, calor, luz, electricidad, magnetismo y un poco de la estructura de los materiales, de los átomos, etc. Encuentran un tema muy rico: el resultado de 3000 años de esfuerzos de grandes inteligencias y de gente muy dedicada al entendimiento y comprensión de la naturaleza.

Algunos estudiantes, y desafortunadamente tal vez muchos, encuentran una enorme cantidad de leyes y fórmulas para aprender y memorizar y para aplicar a problemas, donde sólo reemplazan valores en las fórmulas. ¡Gran equivocación, pues eso no es física!

¡Pero en realidad la física no se ocupa tanto del qué, sino del por qué! ¡Podríamos des
Criar la física como la ciencia del por qué funcionan las cosas!

Los estudiantes deben aprender los conceptos y datos de la física, los principios de la física, los métodos de atacar y resolver problemas de física, principalmente métodos analíticos y numéricos, los métodos y técnicas de atacar y resolver problemas de experimentación en física, técnicas de laboratorio, y lo más importante: procedimientos para aplicar todo lo ante Rigor a nuevos problemas (saber pensar).

Es claro que los datos de la física se encuentran en las enciclopedias de física en la biblioteca o en las modernas bases de datos. Entonces, en el caso universitario, si el futuro profesional de las áreas de ingeniería o ciencias naturales sólo recibe los conceptos y datos, estará muy pobremente preparado y difícilmente encontrará quién lo contrate, pues para todo patrón resulta más económico comprar una enciclopedia. Si conoce los principios de la física y los métodos y técnicas teóricas y experimentales, estará mejor equipado para su trabajo diario; sin embargo, esto todavía no puede justificar un buen sueldo, pues no es un individuo lo suficientemente útil. Lo esencial es su capacidad y habilidad para aplicar los conocimientos de datos, principios, métodos y técnicas a nuevos problemas. ¡¡ Esto último lo hará un profesional valioso, muy útil para la sociedad ! !

Entonces el propósito principal de los cursos de física no es tan sólo el transmitir al estudiante los conceptos, datos y principios de la física, aunque esto sea importante y necesario, sino sobre todo entrenar la capacidad de pensar del estudiante de diversas formas, entre ellas practicando fuértemente la aplicación de los conocimientos en el análisis de situaciones físicas simples, haciendo modelos y simulaciones de los procesos físicos, observando su comportamiento y resolviendo problemas simples, para que más adelante pueda trabajar eficientemente sobre situaciones físicas nuevas y más complejas.

Recursos para enseñar física

Veamos cuáles son los recursos que deberíamos tener en los cursos de física, para la difícil pero muy interesante tarea de entrenar la capacidad de pensar del estudiante y hacerlo hábil en enfrentar exitosamente nuevos problemas y situaciones físicas.

Primero lo más importante: Debemos contar con un buen maestro, quien además de dominar el tema de la física que enseña, debe tener experiencia propia en la ciencia, es decir en hacer investigación científica, pues no se puede enseñar ciencia, sin hacer ciencia. Su principal tarea no es la de informar, sino la de formar al alumno, elevando su nivel de conocimientos, generando nuevos comportamientos en él, logrando respuestas y actitudes positivas e inteligentes al enfrentarse a nuevas situaciones. Esto exige la estrecha interacción entre el alumno y el maestro entusiasta y activo, quien motiva, comunica, da ejemplo, transmite su experiencia, guía al alumno y trabaja conjuntamente con éste enfrentándose a los problemas del tema estudiado. Esta importantísima interacción maestro-alumno, base de la formación, es irremplazable y para lograrse debe darse suficiente tiempo: debe haber suficientes oportunidades para el encuentro del alumno con

su maestro y para el trabajo conjunto de los dos. Suficiente tiempo de actividad es así un requisito en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Esta actividad en la enseñanza-aprendizaje de la física requiere una serie de herramientas como complemento al cerebro, a la capacidad intelectual del maestro y del alumno.

Requerimos buenos libros, textos, revistas con artículos científicos, material que nos comunica el saber acumulado en el mundo sobre nuestro tema de interés y que nos sirve de punto de partida para el estudio de la naturaleza. Para hacer observaciones de los procesos que ocurren en la naturaleza, para ampliar nuestros sentidos, necesitamos algunos instrumentos que nos permitan obtener información sobre lo muy pequeño, sobre lo muy grande, sobre lo muy lento o sobre lo muy rápido, y que nos permitan registrar el evento físico de interés para posterior análisis. Si no tenemos los instrumentos podremos salir adelante con un taller para desarrollar los instrumentos necesarios. Con ellos hacemos observaciones no solo cualitativas, sino también cuantitativas, hacemos experimentos. Veamos esta actividad tan importante: Con cada experimento, por simple que sea, ponemos a prueba la naturaleza. Le formulamos preguntas directamente a la naturaleza misma y ella nos responde. Eso es el experimento. Con el montaje experimental controlamos una serie de condiciones, dejando libertad de comportamiento a la naturaleza en el aspecto que cuestionamos. Así los resultados experimentales son las respuestas que nos da la naturaleza a nuestras preguntas. Esto vale por igual tanto si estudiamos el principio del péndulo, o si estudiamos las fuerzas fundamentales de la naturaleza con un enorme acelerador de partículas. La actividad de experimentación en la física es central, para descubrir el comportamiento, las reglas del juego, de la naturaleza, para comprobar nuestras teorías sobre la naturaleza, para desarrollar nuevas teorías, para que encontremos una forma de pensar tal, que el comportamiento de la naturaleza nos resulte obvio y predecible. ¡El laboratorio real es entonces esencial para aprender física, es también irremplazable_!

Adicionalmente necesitamos calculadoras o microcomputadores para el análisis de los datos de los experimentos de laboratorio, o para planear nuevos experimentos o resolver problemas.

Finalmente hay una serie de recursos muy útiles, comenzando desde el tradicional tablero con tiza, acetatos, diapositivas, películas, videos, etc., todos magníficas herramientas para transmitir al estudiante los conceptos, datos y principios de la física.

El microcomputador en la enseñanza de la física:

Entre todas las herramientas modernas para la enseñanza, sin duda alguna el microcomputador es la que más se destaca. No hay otra herramienta tan útil, versátil y eficiente.

Podemos utilizarlos en el manejo administrativo de los cursos, llevando las listas de los profesores contratados, los horarios y salones de clase, los programas de los cursos, las listas de los alumnos, o la contabilidad de los costos de los mismos cursos, etc.

Con el procesador de texto y los nuevos procesadores de gráficas podemos generar muy cómoda y eficientemente nuevo material de enseñanza que entregamos a los alumnos como documento escrito de alta calidad, gracias a las nuevas impresoras laser. Así también producimos los temas para tareas y exámenes.

Con los lenguajes de autoría podemos generar magníficos tutoriales, que con la paciencia infinita del computador atienden en forma individual a cada alumno y a la velocidad de aprendizaje de cada uno. Se incluye aquí la evaluación automática e inmediata de lo aprendido por cada alumno con esta óptima máquina de enseñanza interactiva individualizada. Muy interesante es la generación de simulaciones de procesos físicos, biológicos, etc., haciendo uso del poder computacional de los microcomputadores actuales y de sus increíbles capacidades de animación. Podemos visualizar en la pantalla del microcomputador complejas relaciones matemáticas con animaciones muy llamativas. Procesos dinámicos adquieren vida, dejando de presentarse como gráficas estáticas en un libro y tomando un aspecto verdaderamente dinámico, algo más cercano a la realidad. Estas simulaciones las convertimos luego en grabaciones en cintas de video como material demostrativo, para presentarlas como suplemento de las explicaciones del maestro en clase, o como parte de un tutorial de microcomputador. El video y el microcomputador, operando conjuntamente, constituyen sin duda alguna una muy poderosa herramienta para la enseñanza, herramienta que en la forma actual más avanzada se presenta como el videodisco laser controlado por el microcomputador.

Pero más interesante aún es mantener el trabajo interactivo con el microcomputador, permitiendo que el alumno pueda incidir en las simulaciones de los procesos físicos y pueda controlar la acción. Se trata entonces de ambientes educacionales, donde el alumno "vive" el tema de estudio. Mediante el microcomputador podemos situar al alumno en el interior de un núcleo atómico, donde puede convivir con protones y neutrones en un ambiente donde predomina no la fuerza gravitacional de nuestra vida diaria, sino la extraña "fuerza fuerte" nuclear, la mayor fuente de energía conocida en la naturaleza. Luego subimos del núcleo al nivel atómico y el alumno puede vivir una transición entre dos estados cuánticos, fuente de la radiación electromagnética. Y luego lo llevamos por el espacio vacío con la onda electromagnética a la velocidad de la luz. ¿Cómo observa el universo? ¡ Un verdadero viaje fantástico con el microcomputador, donde el alumno observa, reúne información, se enfrenta a difíciles situaciones y problemas, analiza, se ve obligado a decidir, a actuar, a vivir en nuestro mundo o en otros mundos ! Nunca antes había existido este tipo de enseñanza.

Y si miramos el hardware encontramos que el microcomputador resulta ser el mejor equipo de laboratorio: Es un instrumento de alta precisión para la medición de frecuencias, tiempos, velocidades, corrientes eléctricas, resistencias, temperaturas, etc. Y no sólo lo

podemos emplear en el laboratorio como parte del instrumento de medición, sino también en el control de los experimentos, en la adquisición y almacenamiento de los datos, en la representación gráfica y en el análisis de los mismos y finalmente en la publicación de los resultados. Es la herramienta universal y más completa del laboratorio.

Previendo sobre algunos peligros con los microcomputadores

¡ Cuidado ! La fuerte atracción que sentimos por la novedad de esta maravillosa herramienta moderna puede hacernos caer en una serie de muy perjudiciales errores en la actividad docente.

Los muy entusiastas han llegado a pensar que los nuevos medios, como la combinación de videos y tutoriales en microcomputador, pueden reemplazar al maestro. En algunos casos estas ideas generan entonces una reacción en contra de las nuevas tecnologías para “salvar” al maestro, para salvar la profesión, para evitar la “total deshumanización” del sistema educativo. Gran error este pues como vimos ya, la principal tarea del maestro no es la de informar, sino la de formar al alumno. Si nos limitáramos sólo a informar, verdaderamente podríamos ser reemplazados por los autómatas de la información. Seguramente esta tarea informativa se realiza muy bien con videos, videodiscos, tutoriales y simulaciones en microcomputador. Pero formar al alumno, como ya vimos, exige la presencia y la estrecha interacción con el maestro, quien es irremplazable. Más bien debemos reconocer que la ayuda que el microcomputador y las otras modernas herramientas nos prestan en la labor de transmitir conocimientos, desplaza la principal actividad del maestro de la información a la formación. El maestro podrá entonces dedicar menos tiempo a la tiza y tablero y más tiempo a interactuar estrechamente con cada alumno, guiándolo en la acción. Se mejora así la calidad de la enseñanza.

Otros entusiastas de los microcomputadores buscan con ellos “comodidad”, tanto para el maestro como para el alumno. Piensan que un excelente video y un programa de microcomputador de tipo tutorial descarga al maestro de la labor de enseñar. Las evaluaciones que lleva a cabo el microcomputador descargan al mí Astro de la elaboración de temas de exámenes y de la corrección de las pruebas presentadas por sus alumnos. Esto llevado al extremo se formula como “la máquina enseña, el maestro descansa”. Grave error también, pues en la labor formativa es requisito indispensable la actividad del maestro, su participación con trabajo propio en el tema tratado, su compromiso académico con el tema del curso. Un maestro pasivo, distante del tema tratado, sin compromiso con el material de estudio, no puede entusiasmar, ni motivar a sus alumnos y mucho menos generar en ellos la mínima actividad requerida para el aprendizaje. No puede formar a sus alumnos. La utilización de medios novedosos como el microcomputador en la enseñanza, exige que el maestro se enfrente a este nuevo medio, que lo utilice él mismo, que adquiera experiencia con el microcomputador antes de introducirlo en sus clases, así sea corriendo programas didácticos desarrollados por otros maestros o adquiridos comercialmente, o programando el microcomputador, generando l mismo material de enseñanza, experimentando el trabajo

interactivo de producir modelos dinámicos de los procesos estudiados, y ubicando correcta y oportunamente el uso del microcomputador en el programa tradicional de estudios. De todos modos el maestro deberá invertir un buen tiempo extra en la preparación de sus clases si hace uso del microcomputador. Así su trabajo no se reducirá, sino por el contrario puede aumentar. Claro está que se trata de un trabajo adicional, pero de sumo interés, orientado al mejoramiento del sistema de enseñanza y de gran provecho para el maestro y para el estudiante.

¿Comodidad para el estudiante con los microcomputadores? Si este fuera el objetivo esta Ríanos cometiendo un serio error, pues la experiencia ha demostrado que el conocimiento re

Cabido rápidamente con poco esfuerzo, se olvida también rápidamente. El aprendizaje es proporcional al esfuerzo realizado por el alumno en el aprendizaje. La comodidad entra con las nuevas tecnologías al facilitar el acceso a la información, al eliminar obstáculos en la comunicación. Pero en cambio debe fomentar el desarrollo de la intuición física y la creatividad en el alumno. Entonces nuestros alumnos deben esforzarse ante el microcomputador, pero debe ser éste un esfuerzo a un alto nivel, no un esfuerzo al manejar el equipo, sino un esfuerzo por crear modelos de los procesos estudiados, modelos cada vez de mayor interés, que más se acerquen a la realidad, un esfuerzo por descubrir interesantes comportamientos de los sistemas estudiados. Es este un nuevo esfuerzo para el alumno, adicional al de resolver los problemas tradicionales que hallamos en los textos, algo que no debemos eliminar. Estamos entonces aumentando la actividad inteligente del alumno, lo que contribuye a su mejor formación.

Finalmente deseo hacer el mayor énfasis al prevenir a todos los que trabajamos en el área de la enseñanza de las ciencias naturales, sobre uno de los más peligrosos errores en los que se incurre en nuestro medio de escasos recursos:

Se nos dice que con el microcomputador podemos hacer laboratorios simulados, que reemplazan al laboratorio real y que son, incluso, mejores que los laboratorios verdaderos. Sobre todo resulta mucho más económico: Tan solo un microcomputador y el programa adecuado reemplazan a un sinnúmero de costosos equipos de laboratorio, que pueden presentar fallas, que requieren instalaciones especiales, o que hasta pueden ser peligrosos para los alumnos. Nos ofrecen así comercialmente “atractivos programas de microcomputador”, que nos simulan en la pantalla experimentos de mecánica, termodinámica, electricidad, magnetismo, óptica, circuitos, etc..., con los cuales se obtienen resultados “experimentales perfectos”, mejores que en la realidad (sin errores) y donde los alumnos no conTren el riesgo de electroChutarse. (No es este el viaje fantástico al interior del átomo ya mencionado, sino la simulaCión de los tradicionales experimentos de los laboratorios complementarios a los cursos de física general.)

He escuchado estas ofertas de laboratorios simulados con frecuencia y lo considero de lo más preocupante e inquietante sobre la enseñanza de las ciencias naturales. Es casi como regresar a la época anterior a Galileo, cuando no interesaba la confrontación de una teoría

sobre la naturaleza con la realidad (la naturaleza misma), sino lo único que contaba era la autoridad de donde provenía la teoría (Aristóteles, o la Biblia por ejemplo). ¿Acaso debemos regresar a la "autoridad", porque encontramos al "dios computador"? Esto sería anticientífico. Pero ¿cómo enseñar ciencia con métodos anticientíficos?

Ya vimos que con el experimento real ponemos a prueba la naturaleza, le formulamos preguntas directamente a la naturaleza misma, y ella nos responde. Con el experimento simulado estamos reemplazando la naturaleza por el programa de computador, por la autoridad de quien lo hizo, en quien depositamos toda nuestra fé. Eso no es ciencia. Una vez más: ¡ El laboratorio real es irremplazable !

Algunas experiencias interesantes

En la Universidad de los Andes siendo conscientes de que no podemos delegar en el microcomputador la tarea de enseñar ciencias, de que el microcomputador no reemplaza al maestro, ni al laboratorio, ni al texto, ni elimina el esfuerzo del estudiante al aprender, sino que es apenas una útil herramienta que nos puede acompañar en todo el proceso enseñanza-aprendizaje, hemos pasado por muchas etapas en la evolución del uso del microcomputador en la enseñanza de la física, aprendiendo a usar esta nueva herramienta, cometiendo errores en su aplicación, reconociendo las ventajas y los límites del microcomputador como asistente del maestro y del estudiante. Aquí algunos ejemplos:

Micromundos para los primeros pasos en la Física (Mecánica):

En los Departamentos de Física e Ingeniería de Sistemas trabajando conjuntamente (Bernardo Gómez, Alvaro Galvis y Olga Mariño) se ha desarrollado para microcomputador Macintosh un paquete de programas de apoyo a la física general en el área de mecánica: Velocidad y Aceleración - Movimiento Circular - Leyes de Newton - Trabajo y Energía - Leyes de Kepler - Oscilador Armónico - Oscilador Amortiguado - Osciladores Acoplados - Sistemas No Inerciales. Se trata de micromundos, en los cuales el estudiante puede explorar un cierto aspecto de la naturaleza, descubriendo el comportamiento de ésta a través de simulaciones muy impactantes y realistas. Se han aprovechado las altas capacidades gráficas y de memoria de los actuales microcomputadores y la interfaz amigable apoyada con el control del "ratón".

Entrando en cada micromundo se pueden llevar a cabo un gran número de observaciones y experimentos, controlando una serie de condiciones sobre el sistema estudiado, variando algunos parámetros, construyendo una serie de gráficas a voluntad del estudiante, obteniendo resultados cuantitativos y llegando así a formar una buena imagen del comportamiento del sistema. Se pueden descubrir leyes, formularlas matemáticamente y comprobarlas de inmediato haciendo nuevas pruebas en el micromundo presentado en la pantalla. Hay una serie de retos, desafíos para el estudiante, pruebas sobre la comprensión del tema alcanzada en la exploraciones. Además existe la posibilidad para el maestro

mediante un sencillo editor incorporado en los programas de ir modificando o ampliando el banco de retos y desafíos presentados al estudiante según la experiencia acumulada.

REFERENCIA

- 1 Velocidad y Aceleración: Movimiento Circular:
(Programación de Néstor Gutiérrez) (Programación: Carlos A. Jaramillo)
- 2 Leyes de Newton: Trabajo y Energía
(Programación de Rodrigo Patiño) (Programación Marcela Garrido)
- 3 Leyes de Kepler: Sistemas No-Inerciales:
(Programación de Carlos Alberto Balcázar) (Programación de Sandra Nava Raro)
- 4 Oscilador Armónico, Amortiguado y Forzado Osciladores acoplados
(Programación de Juan Carlos Páez) (Programación Gloria Cristina Cortés)

Todos estos programas fueron realizados sobre ideas de Bernardo Gómez (asesor en contenidos) con la asesoría en informática educativa de Olga Mariño y Alvaro Galvis.

Estos micromundos no pretenden reemplazar a los laboratorios reales de física. Lo más recomendable es realizar sesiones de laboratorio paralelas o posteriores a las sesiones con el microcomputador. Después de que el estudiante haya experimentado con el micromundo puede sacar mayor provecho del experimento real. Cada micromundo fue preparado para hacer mejores observaciones del mundo real, para ser más creativo e innovador en el montaje de experimentos reales, para comprender mejor lo estudiado.

Aprendiendo Física con la Hoja Electrónica

Programas como los anteriores han sido utilizados por nuestros estudiantes con mucho entusiasmo, lográndose una mayor motivación y comprensión del tema tratado. Pero algo ha quedado muy claro: Quien más aprende no es el estudiante al utilizar un programa ya hecho, sino al hacer él mismo el programa. Por eso llevamos el uso interactivo del microcomputador al extremo de que sea el estudiante mismo quien le "enseñe" la física al microcomputador. El estudiante es quien programa al microcomputador, quien programa las simulaciones de los procesos físicos, según su interés, según la medida de sus conocimientos, que rápidamente van aumentando con la experiencia que va ganando.

En esta actividad se integran la física, el análisis numérico y la programación. Es por esto necesaria una preparación previa al curso de física, sobre algunos conceptos y técnicas del análisis numérico y sobre programación. Esto representa un trabajo adicional, pero el resultado justifica plenamente este esfuerzo. El estudiante haciendo él mismo todo el modelo de computador aprende mucho más. Al utilizar y al experimentar con su propio modelo desarrolla su intuición física y puede entonces comprender mejor, más fácilmente, las ecuaciones que aparecen en la física.

Pero no deseamos convertir los cursos de física en cursos de programación. Y podría pensarse que delegar en cada estudiante la programación es demasiado exigente, o que desvía la atención de la física a la programación, fallando así el objetivo propuesto. Sin embargo hay herramientas de tipo general que permiten desarrollar modelos computacionales muy rápidamente, sin que la programación sea un obstáculo. Un ejemplo es la hoja electrónica.

Un arreglo de datos en columnas y renglones, con la posibilidad de que cada elemento del arreglo contenga un texto, un número o una fórmula, con excelentes gráficas de fácil manejo que nos muestran los números del arreglo, con respuesta inmediata ante el cambio de cualquier dato, números y gráficas cobran vida actualizándose la pantalla ante la vista del usuario, quien estudia "¿Que pasa si...?". Eso y más es la hoja electrónica de hoy.

Veamos la aplicación de la hoja electrónica en simulaciones dinámicas de procesos físicos:

- 1 Para cada variable de estado del sistema hay una columna de la hoja electrónica.
- 2 En cada casilla de la hoja se introduce un valor inicial o una ecuación que relaciona las diversas variables.
- 3 La secuencia de renglones de la hoja electrónica da la secuencia de pasos por los que el sistema va evolucionando: Las etapas sucesivas de la evolución del sistema se obtienen a partir de los valores de las variables en la etapa anterior (renglón anterior).
- 4 Se hacen las gráficas de las variables de estado en función del tiempo, o gráficas de una variable contra otra variable, haciendo uso de las excelentes facilidades gráficas de toda hoja electrónica.
- 5 Se hacen modificaciones en el modelo, se cambian los valores iniciales, se modifican algunas ecuaciones, etc. y se observa cómo la hoja electrónica, llena de vida, se adapta a las nuevas condiciones actualizando ante la vista del usuario todos los valores y todas las gráficas en la pantalla. Se hacen análisis de "¿Qué sucedería si.....?"

Hemos trabajado así una serie de temas de la física general para presentar a los estudiantes,

para que ellos mismos en pocos minutos desarrollen en el microcomputador su modelo del sistema estudiado, pero sin perder tiempo con la programación. La hoja electrónica se puede programar muy rápidamente y en pocos minutos se obtiene gran cantidad de resultados en la pantalla. Así empleada, ésta es una magnífica herramienta para la enseñanza de la física.

La respuesta inmediata de la hoja electrónica y de sus gráficas ante el cambio de los valores de los parámetros del modelo, o de las fórmulas mismas, permite experimentar con el microcomputador. Se pueden descubrir las características y propiedades del sistema dinámico estudiado, se puede entender el funcionamiento del sistema, se pueden mejorar los modelos básicos del sistema, se puede ser creativo y producir nuevos modelos.

CONCLUSIONES

Hay algo muy claro: Enseñar y aprender física es difícil. Es difícil porque no sólo queremos memorizar y reproducir datos, principios y métodos. Queremos comprender cómo funciona el mundo, por qué funcionan las cosas, y nos interesan cosas nuevas antes nunca vistas, de las cuales al comienzo no sabemos cómo se van a comportar y queremos predecir su comportamiento para aprovechar estos conocimientos para nuestro beneficio, siendo creativos e innovadores. Para eso necesitamos saber pensar. Pero como no todos aprenden por igual debemos aprovechar todos los medios que estén a nuestro alcance para apoyar la interacción básica maestro-alumno.

Uno de esos medios, uno muy bueno, es el microcomputador. Hacemos esfuerzos para obtener el mayor provecho de él. Debido a su gran versatilidad las opciones para aplicarlo en el proceso enseñanza-aprendizaje son infinitas. Los ejemplos de aplicación aquí presentados han dado muy buen resultado, lo cual nos anima a continuar trabajando produciendo material de excelencia de apoyo a la enseñanza de la física con el microcomputador.

Deseo concluir invitando a todos mis colegas, a quienes trabajamos en la enseñanza de las ciencias naturales, a poner manos a la obra, a actuar, a aprovechar correcta y eficientemente los microcomputadores y todas las nuevas tecnologías en nuestros cursos, a trabajar bastante, pues la revolución informática en la educación no la recibiremos hecha, es tarea nuestra, que sólo con nuestro trabajo duro será una realidad. Pero sobre todo deseo invitarlos a prepararnos fuertemente, lo más que podamos, en la materia, en los temas que enseñamos, mucho más que en el uso de los microcomputadores, pues los medios sin contenido son algo perdido. Preparándonos bien en la ciencia, teniendo entusiasmo por lo que enseñamos y siendo activos en la materia a tratar, podremos hacer bien nuestra labor docente y automáticamente generaremos buenas ideas sobre cómo aprovechar las nuevas tecnologías y encontraremos una gran respuesta entre nuestros estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Bautista, Rafael; Gómez, Bernardo & Moore, Steven (1983). El Uso de Microcomputadores en Enseñanza de Física y Matemáticas. Universidad de los Andes, Bogotá.

Benjamin, Louis & Nicholas, Don (1986). The Complete Book of EXCEL Macros. Berkeley, Cal: Osborne McGraw-Hill (ISBN: 0-07-881214-3).

Blankenship, John (1984). The Apple House: How to computerize your home using your Apple Computer, Englewoods Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, Inc. (ISBN: 0-13-038711-8).

Bork, Alfred (1981). Learning with Computers. Digital Press (ISBN: 0-932376-11-8).

Coffron, James (1982). The Apple Connection: An Introduction to the Techniques and Principles of Apple Computer Interfacing. Sybex, Berkeley, Cal. (ISBN: 0-89588-085-7).

Danese, Reginaldo; Risegato, Cesare & Perotta, Federico (1984). Simulazioni Di Fisica in BASIC. Franco Muzzio & Co. Editore, Padova, Italia (ISBN: 88-7021-267-X).

Galvis Alvaro H. (editor, 1988). Materiales Educativos Computarizados Boletín de Informática Educativa. Bogotá: Universidad de los Andes, Colciencias, Volumen 1, No.2 (ISSN:0121-0769).

Gómez, Bernardo (1988). El Laboartorio de Dinámica de Sistemas STELLA. Bogotá: Universidad de los Andes.

Hixson, Amanda (1988). Advanced EXCEL for the PC. Berkeley, Cal: Osborne McGraw-Hill, (ISBN:0-07-881273-9).

Killingbeck, J.P. (1983). Microcomputer Quantum Mechanics. Bristol : Adam Hilger Ltd. (ISBN:0-85274-803-5).

Landeau, Rebeca (1988). EXCEL - Hoja de Cálculo, Gráficos y Base de Datos. Caracas: McGraw-Hill (ISBN: 980-6168-05-4).

Lathrop, Ann & Goodson, Bobby (1983). Courseware in the Classroom. Menlo Park, Cal: Addison-Wesley Publishing Co. (ISBN: 0-201-20007-4).

Mariño Olga (editora, 1988). Estado del Arte en Informática Educativa. Boletín de Informática Educativa. Bogotá: Universidad de los Andes, Colciencias, Volumen 1, No.1 (ISSN:0121-0769).

Moore, Steven & Gómez, Bernardo (1985). La Revolución Informática en la Educación. Bogotá: Editorial Informática (ISBN:958-9060-02-1).

Nievergelt, J.; Ventura, A. & Hinterberger, H (1986). Interactive Computer Programs for Education. Addison-Wesley Publishing Co. (ISBN:0-201-11129-2).

Orwig, Gary (1983). Creating Computer Programs for Learning. Resto, Va: Resto Publishing Co., (ISBN:0-8359-1168-3).

O'Shea, Tom & Self, John (1983). Learning and Teaching with Computers. Prentice Hall Inc., (ISBN:0-13-527762-0).

Papert, Seymour (1980). MINDSTORMS: Children, Computers & Powerful Ideas. New York, NY: Basic Books, Inc.

Papert, Seymour (1981). Desafío a la Mente: Computadores y Educación. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.

Rasmus, Daniel (1988). A STELLA Performance. MacUser, June 1988, pag. 194-205.

Richmond, Barry (1985). STELLA. Dartmouth College, High-Performance Systems, Inc.

Roberts, Nancy; Andersen, David; Deal, Ralph; Garet, Michael & Shaffer, William (1983). Introduction to Computer Simulation: The System Dynamics Approach". Reading, Ms: Addison-Wesley Publishing Co. (ISBN: 0-201-06414-6).

EDUCOM , Vol.22 (No.1,2,3,4), 1987; Vol. 23 (No.1,2,3,4),1988.

Physics Education, Vol. 21, 1986

The Physics Teacher-Computers in the Classroom, Vol.25, No.5, May 1987.