



Los conceptos de velocidad media e instantánea en secundaria y en la universidad

Bernat Martínez

Asesor de Ciencias, CEFIRE, Benidorm

Presentación

El objetivo de este trabajo es presentar algunos ejemplos de actividades didácticas en las que se hace uso de simulaciones de ordenador. Estas actividades están dirigidas a facilitar que el alumno construya una relación entre los conceptos de velocidad media e instantánea. Al mismo tiempo se comentan las respuestas a dichas actividades obtenidas en un curso para profesores y estudiantes universitarios sobre la introducción de los ordenadores en la enseñanza de la Física.



Las nuevas tecnologías y el aprendizaje por investigación

Las nuevas tecnologías de la información se encuentran presentes cada día más en nuestras vidas. Ahora bien, podemos decir que hasta el momento su integración en la escuela ha sido únicamente por medio de la asignatura de Informática. Desde nuestro punto de vista, el ordenador debería llegar a ser considerado como una herramienta que sirva para ayudar a los alumnos a explorar y visualizar las consecuencias de su razonamiento. En este sentido, el uso de simulaciones de ordenador, a diferencia de los experimentos directos, hace posible que el profesor pueda presentar una situación experimental en condiciones "idealizadas", de tal forma que permita a los alumnos concentrarse en los aspectos fundamentales y que facilite la retroalimentación (Taylor 1988).

El programa de simulación que hemos utilizado (Graphs & Tracks) es un ejemplo de software basado en la investigación didáctica. Su autor, David Trowbridge (1989), reconoce que los resultados de la investigación didáctica sobre las dificultades de los alumnos en el uso de las gráficas del movimiento le han servido de guía en el desarrollo del programa. Dicho programa es ampliamente utilizado en sus clases por los profesores americanos (Beichner et al. 1995) y en las investigaciones realizadas por el Physics Education Group de la Universidad de Washington (McDermott, Rosenquist & van Zee 1987).

Este programa simula el movimiento de una bolita rodando por una trayectoria en la que se puede ajustar tanto la inclinación de cada trozo de la trayectoria, como su posición y velocidad inicial: además, permite que cada profesor pueda crear las situaciones de aprendizaje adecuadas al nivel de dificultad con que quiera enfrentar a sus alumnos. Nuestro trabajo ha consistido en el diseño y elaboración de un soporte curricular, en forma de actividades para el trabajo en clase, que requieren hacer uso del razonamiento cualitativo, y basadas en la estrategia de "Predecir-Observar-Explicar". Dichas actividades están encaminadas a facilitar el cambio de algunas de las concepciones espontáneas de los alumnos sobre el movimiento y conseguir que sean capaces de construir una relación entre los conceptos de cinemática con una cierta coherencia interna. En esta comunicación solo presentaremos un par de actividades dirigidas a discutir los conceptos de velocidad media e instantánea.

Las ideas de los alumnos sobre los conceptos de velocidad media e instantánea

Para los profesores de Física el concepto de velocidad (o rapidez) parece tan simple y evidente, tan conectado con nuestra experiencias con movimientos, que nos parece casi imposible que los estudiantes puedan llegar a tener problemas en su comprensión.

Por una parte, la idea espontánea de velocidad que poseen los alumnos y alumnas está relacionada con el concepto de posición, se considera que dos móviles tienen la misma velocidad cuando uno alcanza al otro (Trowbridge & McDermott 1980). Además, tienen bastantes dificultades cuando deben definir el significado con precisión. Así, en la estimación cualitativa de la velocidad media se tiene en cuenta sólo la distancia recorrida o



sólo el tiempo empleado, pero no ambos factores conjuntamente (es más rápido el que llega más lejos o es más rápido el que tarda menos tiempo).

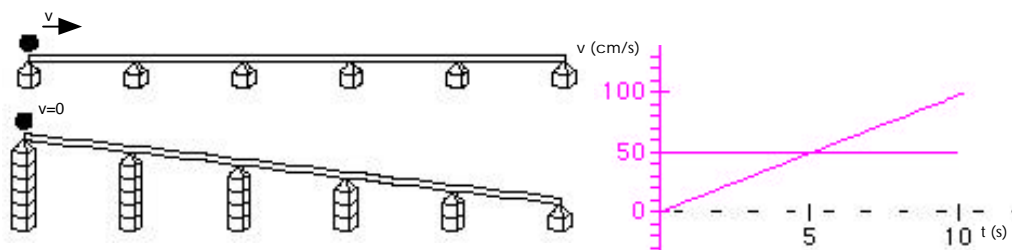
Por otra parte, los alumnos entienden fácilmente que hay movimientos en los que la velocidad cambia y que por lo tanto la velocidad media no es suficiente para describirlos totalmente, siendo necesario hablar de una velocidad en cada instante. La idea intuitiva de velocidad instantánea no es difícil, otra cosa diferente es que el alumno tenga claro cómo se podría calcular el valor de la velocidad instantánea. Así, en un movimiento uniformemente acelerado una gran parte de los alumnos calcula la velocidad final como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado, lo que indica un alto grado de confusión entre las velocidades media e instantánea.

A continuación se describen las situaciones experimentales diseñadas con ayuda del programa de simulación, se comentan los objetivos didácticos de las actividades que se ha presentado a los alumnos y se analizan las respuestas de dos grupos, uno de secundaria y otro de universitarios.

Comparando un movimiento uniforme con otro uniformemente acelerado

Esta actividad se propone como introducción al estudio del movimiento uniformemente acelerado y su planteamiento es similar al realizado por Galileo (1976) en el Teorema I de la Jornada dedicada al estudio del MUA. Se trata de comparar dos movimientos, uno uniforme y el otro uniformemente acelerado, que recorren la misma distancia en el mismo intervalo de tiempo.

Su objetivo es que los alumnos reconozcan la necesidad de introducir el concepto de velocidad instantánea y que lleguen a intuir que la velocidad media en un cierto intervalo de tiempo se puede calcular como la semisuma de la velocidad en el momento inicial y la velocidad en el momento final. A tal fin se pedía a los alumnos que dibujaran la gráfica $v-t$ de los dos movimientos y que comentasen la relación entre la velocidad media y la instantánea.



El análisis de los resultados (ver cuadro) muestra que una gran parte de los estudiantes de secundaria proponen que en el instante en que se encuentran en la misma posición su velocidad ha de ser la misma; este resultado está de acuerdo con el obtenido por otros autores (Trowbridge & McDermott 1980) en una prueba (preinstrucción) de características parecidas. Ahora bien, el resultado de los estudiantes universitarios es al menos sorprendente; por una parte, demuestra la fuerza de la asociación misma posición-



misma velocidad y, por otra, pone en duda la efectividad del aprendizaje alcanzado en cuanto se refiere a la comprensión (a largo plazo) de los conceptos cinemáticos.

%	Velocidad final igual a la media	Velocidad final doble de la media	Otra respuesta
Alumnos de secundaria (N=33)	85	5	10
Profesores secundaria y estudiantes universitarios (N=30)	60	35	5

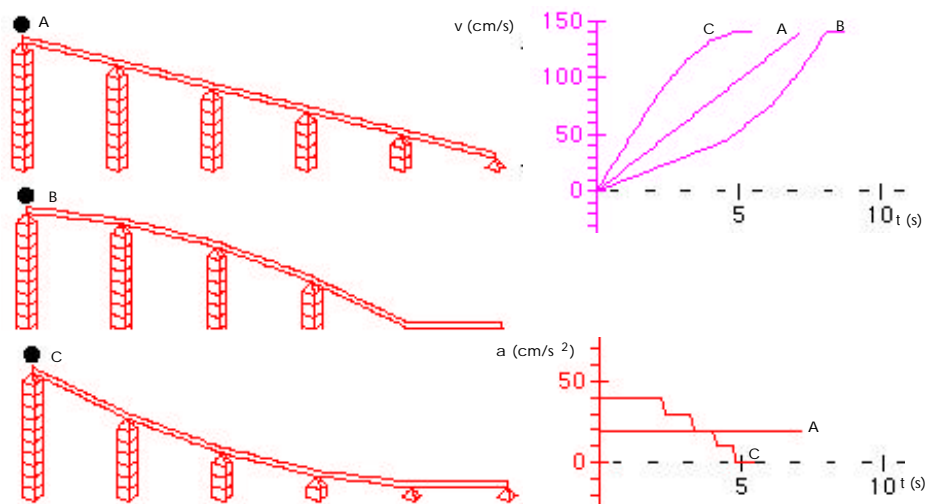
Acorde con este resultado, hemos encontrado que un porcentaje muy bajo de los universitarios fue capaz de expresar la relación matemática entre la velocidad media y la instantánea. Paradójicamente, pudimos comprobar que sí recordaban la ecuación de la posición del movimiento uniformemente acelerado. Este resultado es una prueba de la conveniencia de los enfoques cualitativos en el estudio del movimiento, tal como se propone en algunos textos (Hewitt 1995).

Comparando un movimiento uniformemente acelerado con otros movimientos con aceleración variable

Es un hecho bien establecido en didáctica que si queremos que los alumnos lleguen a comprender completamente una determinada relación entre dos conceptos no sólo han de ejercitarse en situaciones en las que dicha relación funciona, sino que además han de enfrentarse a situaciones donde esta relación deja de ser válida. Así, el objeto de esta actividad es que los alumnos se den cuenta que *sólo* en el movimiento uniformemente acelerado, la velocidad media en un cierto intervalo de tiempo se puede calcular como la semisuma de la velocidad en el momento inicial y la velocidad en el momento final. A tal fin, se compara un MUA con dos movimientos con aceleración variable; estos tres movimientos tienen en común la altura desde que cae la bola, así como la distancia recorrida por esta.

Se trata de que los alumnos puedan llegar a darse cuenta de la siguiente contradicción: si calculamos la velocidad media por la fórmula de la semisuma, los tres movimientos tienen la misma velocidad media, ya que la velocidad final en los tres casos es la misma debido a que caen desde la misma altura; si calculamos las velocidades medias dividiendo el desplazamiento por el intervalo de tiempo vemos que son distintas ya que los intervalos temporales son distintos en cada caso. Por tanto, los alumnos han de reconocer que la fórmula de la semisuma utilizada en el caso anterior no es aplicable ahora.

En este caso solo comentaremos los resultados de los estudiantes universitarios. Creemos conveniente reseñar que sólo un 30 % fue capaz de darse cuenta que la velocidad final era la misma en los tres casos; bastaba haber recordado el Principio de Conservación de la Energía.



Conclusiones y sugerencias

Como resultado de todo lo expuesto podemos concluir que la introducción de actividades que requieren el uso del ordenador en el curriculum de Física es factible y efectivo. Estas actividades nos han permitido elaborar métodos de aprendizaje mas flexibles e imaginativos. La metodología empleada ha permitido:

- potenciar la reflexión en los alumnos; la interacción con el ordenador ha ayudado a los alumnos a darse cuenta de las inconsistencias en su razonamiento;
- favorecer el trabajo en grupo; los alumnos discuten mas y mejor sobre los experimentos si tienen los datos en la pantalla (Howe et al. 1991);
- incrementar la conciencia del profesor acerca de las ideas informales de sus alumnos.

Con esto no pretendemos afirmar que se haya encontrado la poción milagrosa para todos los males de la educación; pretendemos sugerir que los ordenadores tienen un papel a desempeñar como instrumentos enriquecedores de las estrategias pedagógicas escolares (Harris 1994). Hay que reconocer la enorme influencia que poseen los medios informáticos cuando se pretende utilizarlos como medio de aprendizaje, su versatilidad y el atractivo que ejercen sobre los alumnos hace necesario que se estudien más a fondo sus posibilidades de utilización.

Bibliografía

BEICHNER, R.J., WILKINSON, L.K., GASTINEAU, J.E., ENGELHARDT, P.V., GJERSTEN, M.H., HAZEN, M., RITCHIE, L., RISLEY, J., "Hardware and software preferences", *The Physics Teacher*, 1995, nº 33, págs. 270-274.

GALILEO, G., *Demostraciones y consideraciones matemáticas sobre dos nuevas Ciencias*, Madrid, Editora Nacional, 1976.



HARRIS, B., "The future curriculum with Information Technology - implications for science education", *School Science Review*, 1994, vol. 76 (275), págs. 15-25.

HEWITT, P.G., *Física conceptual*, Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.

HOWE, C., TOLMIE, A. y ANDERSON, A., "Information technology and work group in physics", *Journal of Computer-Assisted Learning*, 1991, vol. 7(2), págs. 143-153.

McDERMOTT, L.C., ROSENQUIST, M., van ZEE, E.H., "Students difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics", *American Journal of Physics*, 1987, vol. 55 (6).

TAYLOR, E.F., "Learning from computers about physics teaching", *American Journal of Physics*, 1988, vol. 56(11), págs. 975-980.

TROWBRIDGE, D. & McDERMOTT, L.C., "Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension", *American Journal of Physics*, vol. 48, pág. 1020.

TROWBRIDGE, D., "Applying research results to the development of computer based learning materials", *Proceedings of the Conference on Computer in Physics Instruction*, North Carolina State University, Raleigh, NC, 1989.