

RELATIVIDAD ESPECIAL (DVD)

LAHERA CLARAMONTE, JESÚS; FORTEZA PUJOL, ANA y GARCÍA PASTOR, FERNANDO
Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid.

Palabras clave: Enseñanza, Nuevas Tecnologías, Relatividad, Einstein, Contexto socio-cultural.

OBJETIVOS

Tanto la enseñanza como el aprendizaje de los aspectos básicos de la Relatividad Especial presentan dificultades (Lahera, J y Forteza, A, 1989) que pretendemos ayudar a superar. De esta manera surge el DVD que presentamos y que está siendo empleado en diversos Contextos de Aprendizaje de las Ciencias para evaluar su utilidad didáctica.

Dicho DVD puede, por un lado, facilitar la tarea del docente al proporcionarle un material creado específicamente para su utilización en las aulas y, por otro, atender al notable interés de los alumnos por el tema y por la personalidad de Einstein (Lahera, 1995).

El objetivo básico es la utilización de Nuevas Tecnologías en la enseñanza de la Relatividad Especial, aprovechando las ventajas de la simulación por ordenador. Subsidiariamente, presentar el contexto sociocultural en que emerge la teoría. El objetivo operativo básico es tratar la problemática planteada en un contexto de transposición didáctica (Joshua, S. Et al. 1993). Este objetivo se refuerza con las directrices del Espacio Europeo de Enseñanza Superior, que hace énfasis en el aprendizaje del alumno sobre la enseñanza de mera transmisión de conocimientos: el DVD se configura como un elemento más, muy importante, en el aprendizaje del alumno. Otro objetivo sobrevenido es que en este año 2005 se celebran los cien años de los primeros artículos de Einstein sobre la teoría, adquiriendo así actualidad.

MARCO TEÓRICO

La eficiencia de la utilización de Nuevas Tecnologías en la enseñanza está comprobada en la práctica docente. Emerge fundamentada, además, en un contexto de enseñanza significativa de investigación en Educación Científica (Bernardini, C. et al. 1995).

La dificultad mayor de uso de materiales tecnológicos radica a nuestro parecer en la adecuación de los contenidos al nivel de conocimientos del alumnado al que previsiblemente están destinados. Esta dificultad se acrecienta en el tratamiento en el aula de la teoría especial de la Relatividad, que suele presentarse a nivel estrictamente teórico. El DVD que presentamos presenta un sesgo parauniversitario que supera la mera divulgación, configurándose como un instrumento de inevitable apoyo en la enseñanza anterior a la Universidad, al considerar la Relatividad como componente de la cultura actual. También puede ser utilizado en los primeros cursos universitarios de Ciencias, para afianzar el contexto teórico formalizado.

Hemos partido de un análisis de nuestras propias publicaciones sobre las ideas previas de los alumnos sobre Relatividad y los resultados de un proceso de aprendizaje (Lahera, J y Forteza, A, 1989). Se ha revisado el material producido en cada época, desde los film-loops del emblemático proyecto americano PSSC sobre Relatividad galileana (BFA/EALING, 1962) que han sido fuente de sugerencias para versiones actuales en Nuevas Tecnologías. Han sido (re)visadas las ideas básicas de la teoría, brillante y asequiblemente expuestas, por Sagan en su libro y en la serie de vídeos (Sagan, C., 1990), que deben completarse a nuestro juicio con un tratamiento matemático elemental. Especialmente, hemos discutido el vídeo Relatividad Especial (Open University, 1997), que a nuestro parecer muestra carencias en la simulación muy lograda del reloj de luz al no incorporar sencillos cálculos que hagan participar a los estudiantes.

Otro referente ha sido el Proyecto Iniciativa Relatività (Cortini, G., 1979) que fue ensayado en niveles pre y universitarios del sistema educativo italiano. En una obra de uno de nosotros (Lahera, J., 1995) se considera la Relatividad en su doble aspecto de Fundamentación y Módulos de aprendizaje, remitiendo a la utilización de vídeos ajenos; ahora podemos disponer de un vídeo *propio*.

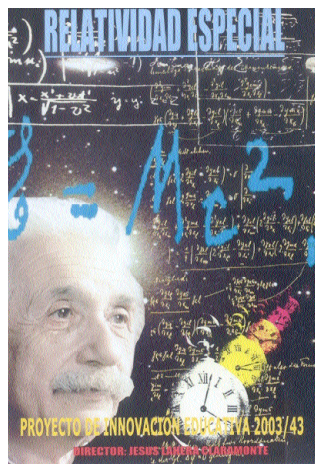


FIGURA 1
Carátula del DVD

DESARROLLO

El DVD se estructura en tres partes, siendo su duración total de 45 minutos. Hay una significativa dedicatoria: “A Gamow, Landau, Feynman y Sagan, citados en el texto, que fueron grandes físicos y magistrales difusores de la ciencia”.

Primera parte: Relatividad galileana

En el relato, se hace referencia a Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos Nuevas Ciencias, donde se plantean ejemplos de observación de movimientos que presentan interés didáctico actual, seleccionando el problema cómo se ve un objeto abandonado desde lo alto del mástil de una barca en movimiento. Se ve por secuencia de figuras que un observador en lo alto del mástil verá caer el objeto en su vertical, pero un observador en el exterior, puesto que la barca ha avanzado, verá caer el objeto según una línea curva. ¿Tiene sentido hablar de una unívoca, absoluta trayectoria? Para el exigente Einstein la relatividad galileana representa una verdadera revolución científica. En el DVD se muestra cómo la personalidad de Galileo ha sido tratada, al margen de la ciencia, en el teatro, en el ensayo filosófico y en el cine.

La tecnología actual nos permite realizar una simulación semejante al problema planteado por Galileo: ¿Cómo se observa el movimiento de un objeto abandonado desde un avión que vuela a la velocidad de régimen (es decir con trayectoria recta y velocidad constante)? Se comentan las opiniones de los alumnos: según nuestros datos, muy pocos dan la respuesta correcta.

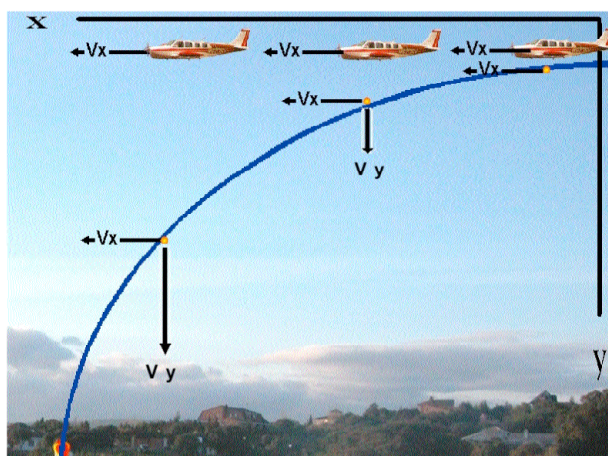


FIGURA 2
Objeto abandonado desde un avión, simulación.

La simulación resuelve el asunto. La justificación requiere unas fórmulas sencillas de la física más elemental, que se exponen. La dificultad estriba en la situación planteada, en la necesaria utilización de dos sistemas de referencia. Se muestra el grupo de transformación de Galileo.

En otras secuencias se debate, desde el principio formulado por Poincaré: las leyes mecánicas tienen la misma forma en los sistemas inerciales, con evidencias actuales en un avión volando a la velocidad de régimen como mejor sistema inercial. De este aparentemente inofensivo postulado resulta una proposición inquietante: desde dentro de un sistema no podemos distinguir si está en reposo o en movimiento recto de velocidad constante. Se discuten ejemplos de la vida cotidiana. Se reflexiona sobre el hecho de que la incorporación de la relatividad galileana a la enseñanza ha sido tardía e incompleta, debido a la conveniencia de utilizar imágenes dinámicas, ahora posible por las Nuevas Tecnologías.

Se cuestiona la interpretación simplista del *relativismo* en la cultura posmoderna, lejos de lo que la teoría física preconiza: la descripción de movimientos desde dos sistemas de referencia son distintas, pero las leyes físicas son válidas en todos los sistemas inerciales.

El relativismo correcto ha trascendido a otros ámbitos (Psicología, Pedagogía, Historia, Literatura, Pintura, Cine...) considerando ejemplos ilustrativos.

Segunda parte: Relatividad Especial

En el estudio del comportamiento no clásico de nuestro mundo es esencial la constancia de la velocidad de la luz. Ya que adquiere tanta importancia, se discute sobre la medida de su velocidad... que hoy puede hacerse en el Laboratorio. Un pulso de luz láser atraviesa sucesivamente dos placas detectoras que están conectadas cada una a un osciloscopio, que registra su correspondiente "pico" de señal. La experimentación muestra que si la distancia entre placas es 3 metros, el desfase temporal entre picos es de 10^{-8} segundos, de modo que la velocidad de la luz es ¡300.000 km/s en recitado escolar!

En el relato se muestran los dos postulados básicos de Relatividad Especial. Más tarde Einstein desarrollaría la Relatividad general, para sistemas acelerados, equivalentes a campos gravitatorios.

Seguidamente, en el DVD, se hacen comentarios sobre fotografías, en una breve biografía ilustrada de Einstein.

A continuación se expone que el objetivo básico de la teoría fue encontrar una transformación entre dos sistemas inerciales que preservara la invariancia de la velocidad de la luz. Einstein obtuvo así el grupo de

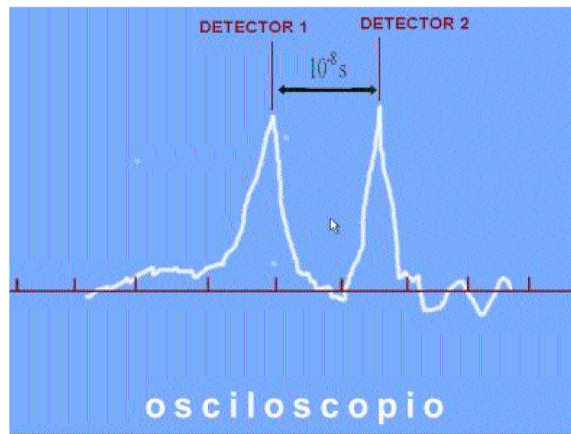


FIGURA 3
Pantalla de osciloscopio

transformación de Lorentz que sustituía en la nueva física al grupo de transformación de Galileo. Ya que los postulados de la teoría van contra todo sentido común, las consecuencias que se derivan al aplicar este grupo a medidas de espacio y de tiempo son sorprendentes, pero asumidas en la cultura actual: dilatación del tiempo, contracción de la longitud y la ecuación Energía $E = mc^2$.

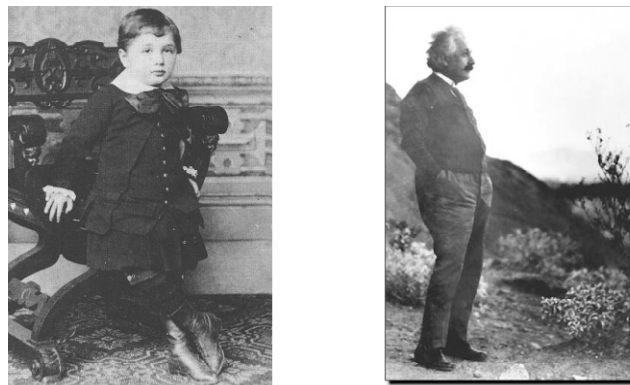


FIGURA 4
Fotografías de Einstein

Específicamente, se hace historia de la primigenia idea del denominado *reloj de luz* debida al físico de origen ruso Landau que realiza un cálculo de la relación de tiempos medidos por un observador que viaja en un tren y un observador que se encuentra situado en el andén. Así mismo, se muestra un cálculo sencillo

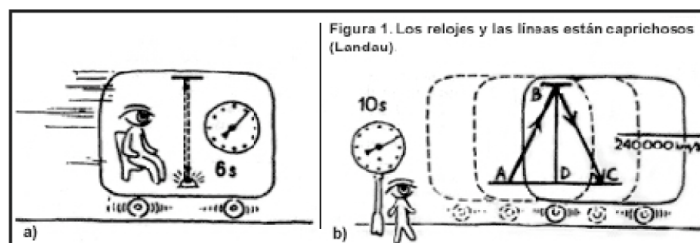


FIGURA 5
Reloj de luz

basado en el teorema de Pitágoras y se anima a que el espectador compruebe que el resultado es concordante con el obtenido por Landau.

Otra consecuencia de la teoría se refiere al espacio, a la longitud de un objeto móvil visto desde otro sistema de referencia. Aquí retomamos las ilustraciones de Gamow sobre un ciclista que circula en una ciudad donde la velocidad de la luz fuera baja, de 30 km/h, velocidad casi alcanzable por el ciclista.

Finalmente, otra fórmula que deriva de la teoría, y que es el origen de la energía nuclear, es la conocida fórmula Energía $E = mc^2$. En el DVD se ha recuperado la explicación en la voz original de Einstein, en alemán, que se acompaña de subtitulación en español.

Tercera parte: Contexto sociocultural de Relatividad Especial.

Se muestra en relato sobre fotografías los principales hechos y movimientos de la primera década del pasado siglo xx, que emerge esperanzador. El siglo empieza con la Primera Exposición Internacional en París, ciudad que estrena para el evento el tren subterráneo Metro. Junto a la técnica, la vanguardia artística: Art Nouveau. Por otra parte, un pintor desconocido, Picasso, expone sus primeros dibujos y en 1905, Einstein publica sus primeros artículos sobre Relatividad.

En este contexto sociocultural tan innovador, ¿sorprende la aparición de una teoría tan revolucionaria como la Relatividad Especial?

METODOLOGÍA

El DVD está siendo utilizado en tres Contextos de Aprendizaje diferentes: en Educación Secundaria, en centros universitarios y en conferencias de divulgación científica. La evaluación del DVD y de su utilización en los Contextos anteriores se está realizando mediante instrumentos de análisis cuantitativos y cualitativos.

En los grupos de Enseñanza Secundaria y Universitaria el profesor utiliza el DVD como material de apoyo a las clases. Antes de verlo, los alumnos contestan un cuestionario sobre diversos aspectos relacionados con el tema, luego ven la parte seleccionada para la sesión y debaten en pequeños grupos primero y en gran grupo después. Posteriormente, se evalúa su aprendizaje con el mismo cuestionario anterior y el DVD con otro cuestionario, algunas entrevistas a los alumnos y las reflexiones del profesor en su diario personal.

Para evaluar el DVD como material de divulgación científica, se está utilizando en diversas conferencias impartidas a colectivos de adultos. En tales conferencias se recogen las impresiones, preguntas, comentarios y sugerencias orales o escritas de los asistentes mediante la grabación en audio de las mismas y un cuestionario.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el momento actual estamos evaluando la eficiencia del DVD en los Contextos antes mencionados. En el Póster se expondrán los primeros resultados y conclusiones.

El DVD es producto del Proyecto de Innovación Educativa 2003/43, del Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Complutense de Madrid, Enseñanza de la ciencia y Nuevas Tecnologías. Edición de un DVD sobre Relatividad Especial

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDINI, C. Et al. (1995). *Thinking Physics for Teaching*. Plenum Pres, New York.
CORTINI, G. (1979). *Iniziativa Relatività* Universidad La Sapienza, Roma.

JOSHUA, S et al. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF, París.
LAHERA, J. (1995) *Introducción a la física moderna en la Enseñanza Secundaria*. Síntesis, Madrid.
LAHERA, J. y FORTEZA, A. (1989). Ideas previas de los alumnos sobre Relatividad y resultados de un proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra III Congreso.

MATERIALES AUDIOVISUALES

BFA/EALING (1962). Film-loops Galilean Relativity. BFA/EALING, New York.
OPEN UNIVERSITY Vídeo. Relatividad Especial. Open University/Ancora, Barcelona..
SAGAN, C. (1990). Cosmos. Turner Home, New York.