Estudo experimental de magnitudes físicas mediante análise de vídeo

Beatriz Padín Romero

A maneira tradicional en que se presenta a información científica nos contextos educativos está case exclusivamente limitada ao texto escrito co complemento de fotografías e diagramas. Sen embargo, a creación de coñecemento científico empeza pola observación directa dun fenómeno. Non só iso, senón que ademais os alumnos entenden mellor un concepto e lémbrano con máis facilidade cando o ven cos seus propios ollos nunha situación real. É pois a conveniencia de tender unha ponte entre a descrición e ilustración estática dos fenómenos físicos por un lado e a súa observación en contextos reais por outro o que nos levou a considerar o uso do vídeo como ferramenta educativa na aula de física.

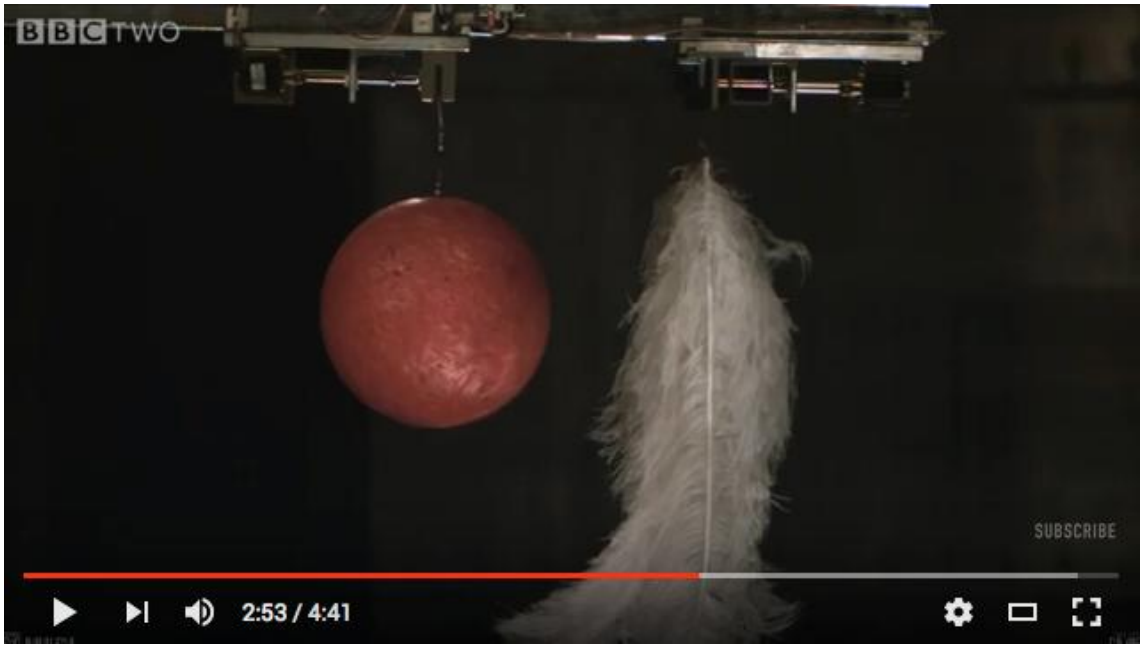
Veremos como, grazas ao vídeo e as novas tecnoloxías, imos poder redefinir –o "R" do modelo SAMR– as actividades de aprendizaxe, no só para que os alumnos melloren a adquisición de competencias científicas, senón tamén para que vexan as ciencias dunha maneira máis próxima e atraente e, en consecuencia, aumenten a súa motivación para elixir estudos científicos e tecnolóxicos. Ao mesmo tempo con este cambio metodolóxico imos promover o desenvolvemento das habilidades de pensamento de orde superior –analizar, avaliar e crear– da taxonomía de Bloom.

O vídeo como ferramenta educativa na clase de física

Tomemos o exemplo do tema da caída libre. Este fragmento está extraido literalmente dun libro de texto de Física e Química de 4ºESO:

> "A partir de los experimentos de Galileo conocemos la naturaleza de la caída libre: se trata de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, vertical y con sentido hacia abajo, para todos los objetos, independientemente de su masa. Hasta entonces prevalecía la idea de Aristóteles, según la cual los objetos pesados caían más deprisa que los ligeros. El efecto del rozamiento, y no la masa, es el que hace que una pluma, por la forma que tiene, vea frenada su caída en mucha mayor medida que una bola metálica, por ejemplo. Si estudiáramos las caídas de ambos objetos en el vacío, observaríamos que es cierta la teoría de Galileo: llegan al suelo al mismo tiempo".

Fixémonos nesta última afirmación: "Si estudiáramos las caídas de ambos objetos en el vacío, observaríamos que es cierta la teoría de Galileo". Pois resulta que si podemos observar a predición de Galileo:



Vídeo: “Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber - Human Universe: Episode 4 Preview - BBC Two” (https://youtu.be/E43-CfukEgs)

Hoxe en día, grazas á tecnoloxía e internet, dispoñemos dun inxente subministro de vídeos gratuítos sobre case calquera tema científico que poidamos necesitar para complementar as nosas clases. Por suposto, sempre que sexa posible será preferible facer unha demostración na aula ou que os alumnos realicen un experimento, pero os vídeos ofrecen innegables vantaxes en certos casos: cando a experimentación non é posible por condicionantes de tempo ou diñeiro; se non dispoñemos da infraestrutura ou o material necesario para realizar o experimento ou demostración; se o fenómeno non se pode reproducir na aula por cuestións de seguridade; cando se trata de fenómenos que se suceden demasiado rápido ou demasiado lentamente, polo que unha gravación en alta velocidade ou un vídeo *time-lapse*, respectivamente, son necesarios; se queremos analizar unha actividade que sucede no exterior da aula (un evento deportivo, o movemento das estrelas no ceo nocturno...); no caso de que nos interese estudar un evento pouco frecuente como o lanzamento dun foguete, etc. Ademais, os vídeos pódense reproducir unha e outra vez, están accesibles en calquera lugar e se poden compartir.

Pero hai outra motivación aínda máis poderosa para utilizar o vídeo en clase de física. Segundo o informe do Parlamento Europeo *Encouraging STEM studies for the Labour Market*, cada ano diminúe o número de mozos que optan por estudos superiores en disciplinas científico-tecnolóxicas, sendo a diminución do interese nestas materias particularmente notoria nos niveis de Educación Secundaria. O informe conclúe que o xeito en que estas materias se ensinan nos colexios e institutos inflúe enormemente na actitude que teñen os alumnos cara á ciencia e na súa motivación para estudala e, en consecuencia, nos resultados académicos obtidos. E é precisamente aquí onde o uso do vídeo como ferramenta educativa ofrece o seu maior potencial, xa que a integración do vídeo na aula nos pode axudar a levar a cabo un cambio metodolóxico co que pasemos dos modelos tradicionais de ensinanza, nos que o profesor é o centro do proceso e o alumno non é máis ca un receptor pasivo da información e o coñecemento, a un enfoque centrado na aprendizaxe e o alumno.

Como usar o vídeo para aprender física

O vídeo ofrécenos a posibilidade de realizar cambios metodolóxicos para que os alumnos se acheguen aos fenómenos físicos cunha actitude máis activa e favorable. ¿Pero como? Podemos levar a cabo estes cambios servíndonos do vídeo de varias maneiras: como unha alternativa aos problemas tradicionais, como unha ferramenta para verificar ou explorar leis físicas coñecidas ou como un medio para descubrir principios ou conceptos físicos. Vexamos uns exemplos destes enfoques.

O vídeo como alternativa aos problemas tradicionais

Este é un exercicio dun libro de texto de Física e Química de 4ºESO:

> "Un autobús de 1 t, que circula por ciudad, lleva una velocidad de 42 km/h cuando el conductor ve un semáforo en rojo a una distancia de 50 m. Determina: a) La aceleración con la que debe frenar hasta pararse en el semáforo. b) La fuerza de frenos necesaria para conseguir esta aceleración".

No caso dun problema "tradicional" como o sinalado, o alumno dispón de toda a información que necesita, e lo único que debe facer é buscar unha expresión matemática que encaixe na descrición do problema, substituír os datos que se lle dan e resolver a ecuación para obter a solución numérica.

Este é un xeito alternativo de formular un problema similar:

Vídeo: "Lanzamento do satélite Gaia da Axencia Espacial Europea, 19 de decembro de 2013" (https://youtu.be/YZ9DymZ1te0).

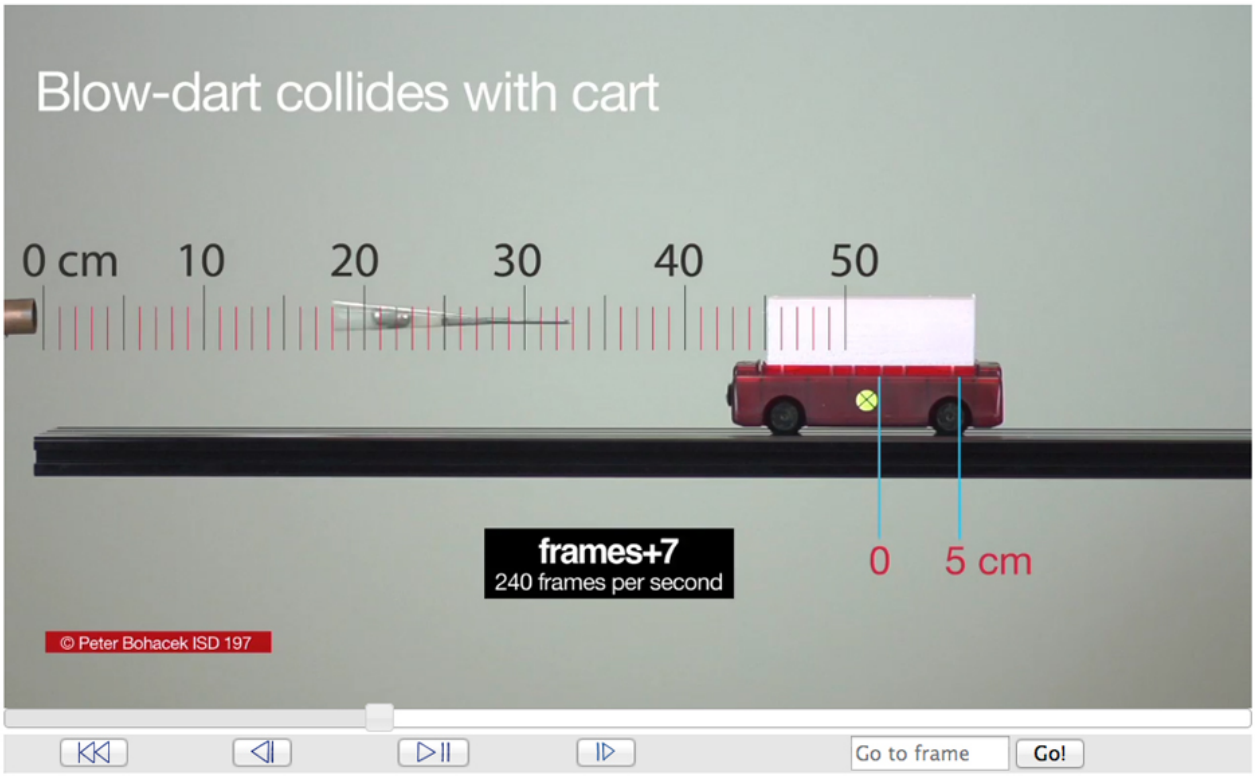
Nesta formulación alternativa, en lugar de dar unha descrición verbal ou esquemática dun problema, que explicitamente aporta toda a información numérica necesaria, preséntaselles aos alumnos un vídeo do que poden extraer a información para resolver o problema. Os problemas así formulados normalmente están pouco definidos, como os que se presentan na vida real; ademais o vídeo pode aportar máis datos dos necesarios e outros datos poden faltar. En consecuencia non chega con que os estudantes substitúan mecanicamente os datos nunha ecuación e despexen o resultado para alcanzar a solución, senón que con este enfoque van ter que adoptar unha actitude máis crítica e activa: primeiro teñen que analizar o problema dende distintas perspectivas para atopar as posibles maneiras de resolvelo, a continuación deben decidir cal destas maneiras é a máis adecuada para obter a solución e, finalmente, o resolven e avalían os resultados.

Tamén se lles pode formular un problema aberto: o profesor presenta un vídeo, e os alumnos suxiren un problema que se poida resolver a partir do vídeo e desenvolven a súa solución.

O vídeo como ferramenta para verificar ou explorar conceptos físicos coñecidos

Outra maneira de utilizar o vídeo en clase de física é a seguinte: o profesor preséntalles aos estudantes un vídeo e pídelles que amosen como os datos do vídeo permiten verificar ou explorar unha determinada lei física.

Un exemplo sería a comprobación, nun vídeo como o seguinte, do principio de conservación do momento lineal:



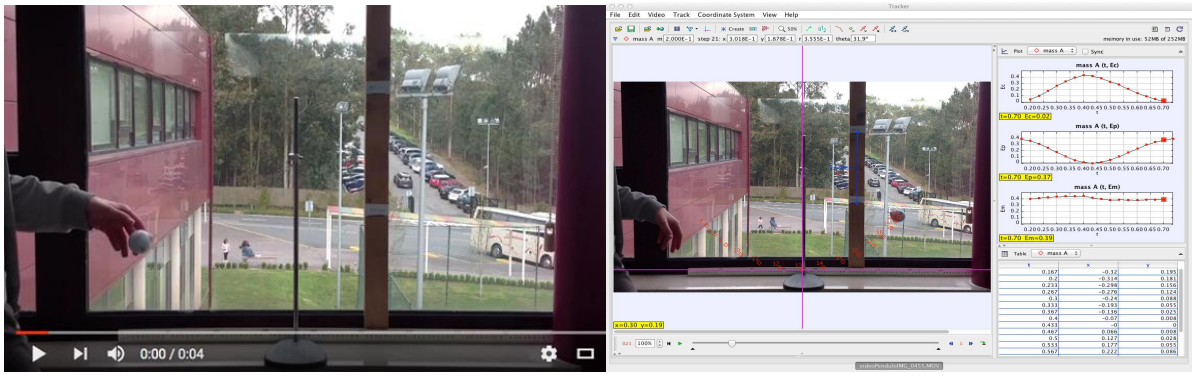
Vídeo: “Blow dart collides with cart” (http://serc.carleton.edu/dmvideos/videos/blowdart_collid.html)

O vídeo como medio para descubrir principios ou conceptos físicos

O vídeo tamén nos permite ir un paso máis aló para que os alumnos cheguen a descubrir por si mesmos certos conceptos físicos. Para isto é moi axeitado utilizar un enfoque baseado na indagación. Así, estimulados pola súa curiosidade, descobren as solucións aos retos propostos e se senten motivados, independentes e responsables da súa propia aprendizaxe.

Unha actividade que se pode levar a cabo para aplicar este enfoque é pedirlles que analicen como varía a enerxía dunha bola de demolición. Utilizando un enfoque baseado na indagación, os estudantes constrúen un modelo dunha bola de demolición e gravan en vídeo o seu movemento. Tras analizar este vídeo deducen como cambian a enerxía

cinética, potencial e mecánica da bola, e finalmente descobren por si mesmos o principio de conservación da enerxía mecánica en vez de telo que asumir cegamente.



Actividade: “Unha bola de demolición chea de enerxía”
(http://tools.inspiringscience.eu/delivery/view/index.html?id=5b44d6ced0b245c4b2a7be86a351a097&t=p)

¿Que vídeos son adecuados para a súa análise?

Unha vez que vimos como se poden utilizar os vídeos en clase de física imos considerar as características que debe cumprir un vídeo para poder estudar nel algunha magnitude física.

Antes de utilizar calquera vídeo debemos sopesar se o seu uso realmente aporta algún valor engadido á materia que se está traballando. Ademais debemos preguntarnos se é didacticamente adecuado, é dicir, se hai algunha pregunta que se poida contestar con ese vídeo e se o concepto físico considerado se pode analizar nel. Debido a que os vídeos nos permiten observar con precisión a evolución no tempo do movemento dos corpos, a rama da física que se ve principalmente beneficiada pola análise de vídeo é a mecánica. En concreto, os vídeos facilitan o estudo de problemas relacionados coa cinemática en unha e dous dimensións, o movemento circular, a dinámica de rotación, as leis de Newton, os principios de conservación do momento lineal e da enerxía mecánica, as transformacións de enerxía, o movemento harmónico simple…

Tamén debemos ter en conta a parte técnica. Para analizar un vídeo normalmente imos medir os valores da posición fronte ao tempo do obxecto considerado, polo que necesitamos ter unha referencia temporal, que será o número de fotogramas por segundo con que se gravou o vídeo, e un sistema de referencia e unha escala coñecida para transformar as distancias na imaxe a distancias no mundo real. Por tanto, se o vídeo que queremos utilizar presenta algún dos seguintes problemas, probablemente non compense traballar con el, xa que a análise será demasiado traballosa ou incluso imposible: se hai movementos da cámara, como vibracións ou tremores; se se usa o zoom, xa que está variando a escala; se hai cambios no encadre que impiden manter unha orixe de coordenadas fixa; se o obxecto considerado se sae do encadre; se o movemento está gravado con perspectiva, xa que non é posible analizar o movemento en profundidade do obxecto; se non hai ningunha escala coñecida, ou se descoñecemos o número de fotogramas por segundo con que se gravou un vídeo en cámara lenta ou en *time-lapse*.

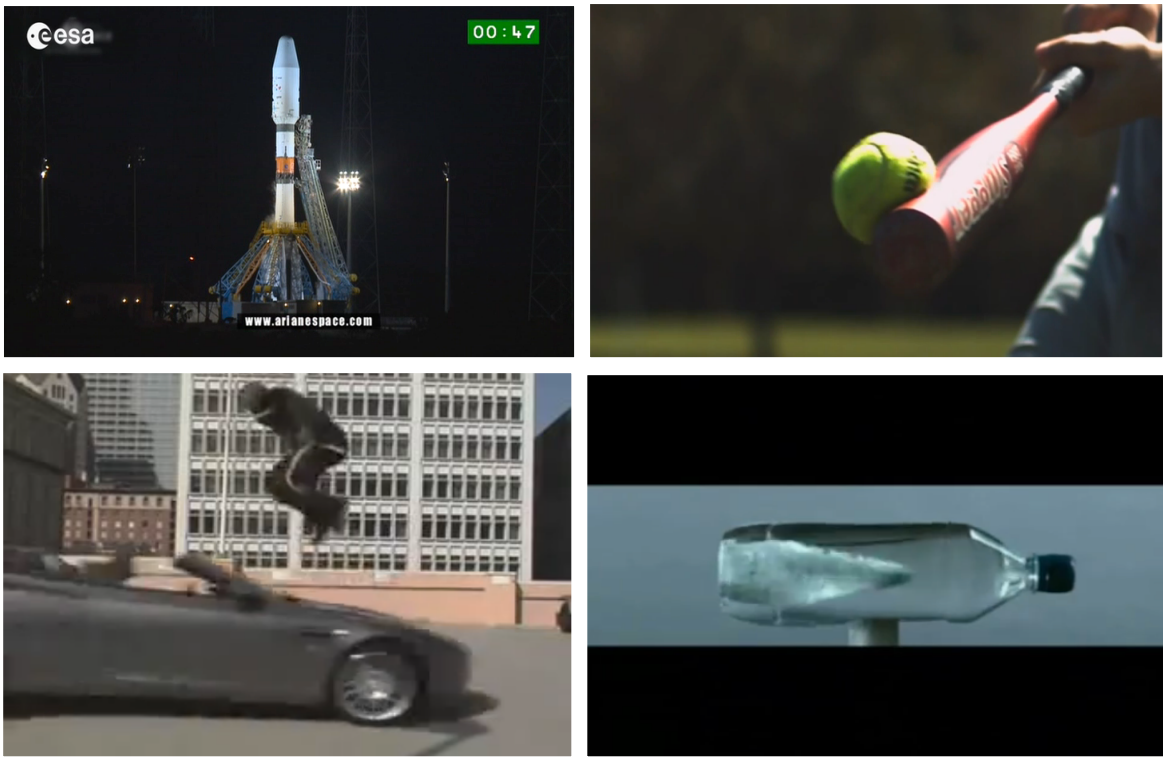
Como conseguir bos vídeos

¿E onde se poden atopar vídeos que sexan á vez didacticamente adecuados e non presenten problemas técnicos? Hai dúas opcións: que os alumnos graven o seu propio vídeo ou utilizar vídeos dispoñibles en internet.

A primeira opción é máis longa e traballosa, pero tamén é máis motivadora para os alumnos. Hai que ter en conta que para obter un vídeo tecnicamente aceptable hai que evitar os problemas mencionados, polo que se fai imprescindible o uso dun trípode e sempre debe incluírse no vídeo unha lonxitude coñecida que se poida usar como referencia. Ademais se deben coidar outros factores como o encadre, a iluminación ou o contraste entre o obxecto estudado e o fondo.

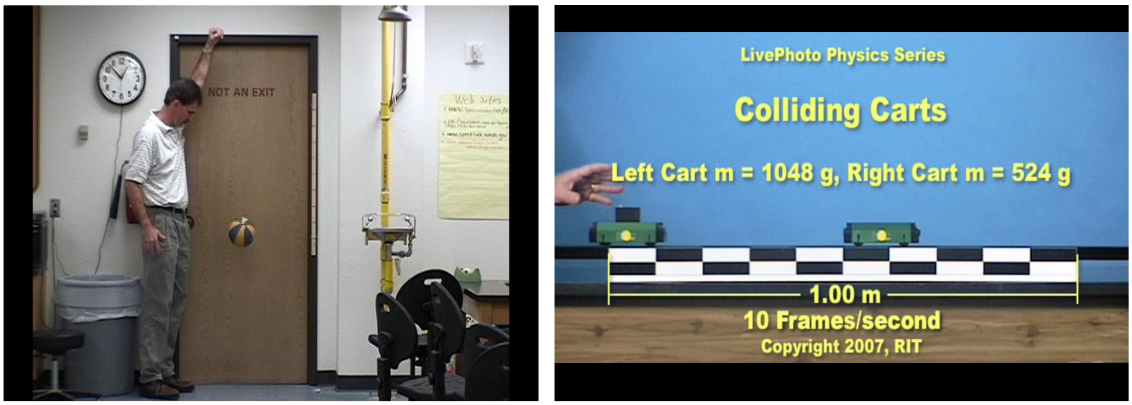
Alumnos preparando e gravando o vídeo para a actividade "Unha bola de demolición chea de enerxía" (http://tools.inspiringscience.eu/delivery/view/index.html?id=5b44d6ced0b245c4b2a7be86a351a097&t=p)

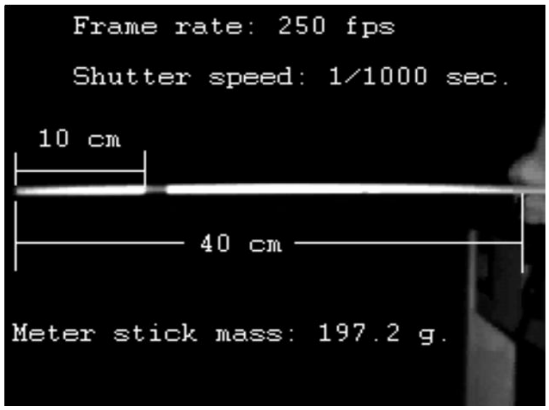
En internet hai multitude de vídeos dispoñibles, pero antes de utilizalos debemos asegurarnos de que non presentan problemas técnicos ou que, polo menos, son facilmente solucionables. Estes son algúns exemplos de vídeos obtidos de distintas fontes en internet –a Axencia Espacial Europea, catálogos de vídeos gravados con cámaras de alta velocidade e, por suposto, YouTube– que se poderían considerar para traballar algún concepto físico neles:

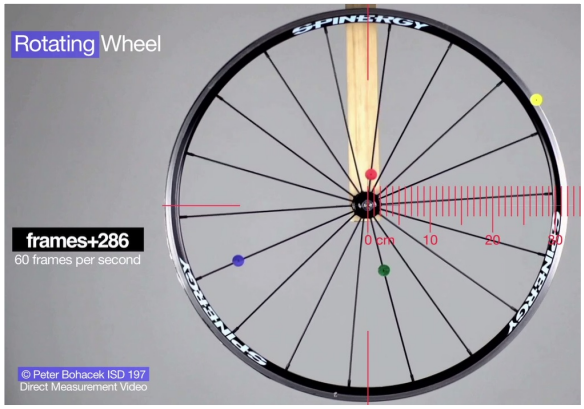


De esquerda a dereita e de arriba abaixo:
"Gaia launch - Lift-off" (http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/12/Gaia_launch_-_Lift-off), "Baseball Swing With Digital Zoom" (http://www.nacinc.com/high-speed-videos/sport/basebal-swing-with-digital-zoom/), "Kobe jumps over a speeding car (Aston Martin)" (https://www.youtube.com/watch?v=BIWeEFV59d4) e "Bullet ballistics through various objects" (https://www.youtube.com/watch?v=jjUTZH_Vdxs).

Existen tamén repositorios de vídeos gravados especificamente para o seu uso en clase de física, que se poden utilizar e descargar de maneira libre en contextos educativos e que, en moitos casos, veñen acompañados de actividades didácticas xa preparadas. Como exemplos deste tipo de vídeos mencionaremos os seguintes: "Video Analysis: Real World Investigations for Physics and Mathematics" (http://jabryan.iweb.bsu.edu/VideoAnalysis/), "LivePhoto Physics" (http://livephoto.rit.edu/), "Doane College Physics Department - Physics Video Library" (http://physics.doane.edu/physicsvideolibrary/default.html) e "Direct Measurement Videos" (http://serc.carleton.edu/dmvideos/videos.html).







Ferramentas para extraer a información dun vídeo

O paso previo para analizar calquera magnitude física consiste na toma de datos. Existen varias posibilidades para extraer os datos dun vídeo. En certas ocasións é suficiente un reprodutor e unha regra: avanzando o vídeo fotograma a fotograma determínanse os tempos e cunha regra sobre a pantalla mídense as posicións.

Outra opción é utilizar os vídeos do proxecto Direct Measurement Video (http://serc.carleton.edu/dmvideos/videos.html) ou os do departamento de física do Doane College (http://physics.doane.edu/physicsvideolibrary/default.html) que xa veñen preparados con ferramentas *online* e gratuítas para tomar os datos, polo que o seu uso é inmediato e non se precisa de software adicional para medir posicións ou tempos.

Tamén podemos recorrer a un programa de análise de vídeo como Tracker (http://physlets.org/tracker/). Con este programa gratuíto do proxecto Open Source Physics, deseñado para o seu uso na ensinanza da física, pódese analizar calquera vídeo para obter medidas precisas de tempos e posicións do obxecto considerado ao longo da súa traxectoria, puidéndose ademais calcular e analizar expresións máis complexas a partir dos datos obtidos.

No anexo deste artigo presentamos varios exemplos do uso destas ferramentas.

Beneficios didácticos do uso do vídeo na ensinanza da física

Analicemos para finalizar cales son os principais beneficios didácticos que o uso do vídeo pode aportar.

Aprendizaxe activa

O vídeo facilita a posta en práctica de actividades que promoven a aprendizaxe activa, é dicir, actividades nas que os alumnos aprenden facendo en lugar de aprender escoitando unha lección maxistral. Desta maneira non só se senten máis motivados e se implican máis

nas tarefas, senón que ademais desenvolven habilidades de pensamento de orde superior e, en consecuencia, conséguese unha mellor comprensión e retención do material traballado.

Pensamento crítico e resolución de problemas

Cando se lles propón aos alumnos un problema a través dun vídeo, en lugar de limitarse a aceptar os datos que se lles ofrecen e substituílos mecanicamente nunha ecuación vense forzados a utilizar a información de xeito lóxico e racional para conseguir resolver o problema. É dicir, grazas ao vídeo podemos deseñar actividades que desenvolvan as habilidades de pensamento crítico e resolución de problemas nos estudantes.

Información verbal e visual

O vídeo ten o potencial de axudar aos estudantes a visualizar con máis claridade as situacións que están estudando, o que normalmente implica unha mellor comprensión do fenómeno en cuestión. Así mesmo, se os estudantes están expostos a contornos multisensoriais, é dicir, se ademais de recibir a información de maneira verbal poden ver un vídeo onde se represente a mesma información, daquela a recordarán con máis facilidade.

Contextos variados

Os vídeos ofrecen unha ponte entre a observación directa dos fenómenos físicos e a súa representación abstracta. Grazas a eles, os estudantes poden practicar un mesmo concepto físico nun amplísimo abano de situacións que, doutro xeito, non se poderían reproducir na clase ou o laboratorio. Esta aplicación dun concepto en diferentes contextos aumenta a capacidade do alumno de transferir o que aprendeu a novas situacións.

Situacións da vida real

Cos vídeos pódense analizar problemas reais en lugar dos que habitualmente aparecen nos libros de texto, que presentan situacións idealizadas e perfectamente definidas. Desta maneira enfatízase a relevancia e aplicabilidade no mundo real do que se aprende no colexio.

Conclusión

Como puidemos ver, o uso do vídeo na aula de física ábrenos unhas posibilidades interesantísimas para innovar na ensinanza das ciencias. É necesario insistir, sen embargo, en que a tecnoloxía non se pode converter na protagonista destas actividades, senón que é unicamente unha ferramenta (imprescindible, iso si) para aplicar un cambio metodolóxico que sitúe o alumno no centro do proceso de aprendizaxe.

Anexo: Exemplos

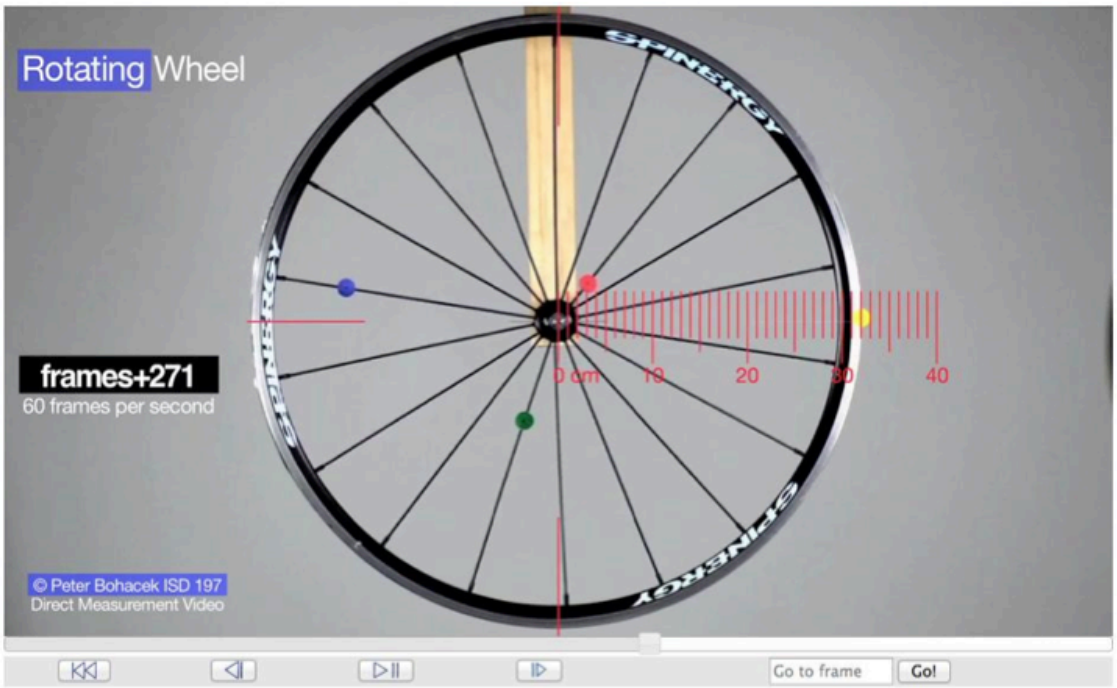
Presentamos a continuación varios exemplos de como se poden obter os datos dun vídeo utilizando as ferramentas previamente mencionadas. Estes exemplos non pretenden ser actividades completas, senón que amosan unicamente o proceso de toma de datos; por tanto, estes datos deberán ser analizados ou procesados posteriormente para extraer conclusións ou resolver un problema planteado.

Exemplo 1: "Rotating Wheel", de Direct Measurement Videos (http://serc.carleton.edu/dmvideos/players/rotating_wheel.html?hide_banner=true)

O vídeo "Rotating Wheel" presenta unha roda de bicicleta que xira con velocidade angular constante, na que están destacados con diferente cor varios puntos situados a distintas distancias do seu centro. Neste vídeo podemos medir dúas magnitudes: tempo e distancia de cada un dos puntos marcados ao centro de xiro.

Para medir o tempo que lle leva á roda dar unha volta completa, tomamos como posición inicial por exemplo a representada no fotograma 149 do vídeo, co punto amarelo na posición sinalada pola marca vermella superior. Avanzamos o vídeo ata que este punto teña descrito unha volta completa, o que acontece cando o vídeo está no fotograma 313. Polo tanto, a roda tardou 164 fotogramas en dar unha volta completa. O vídeo foi gravado a unha velocidade de 60 fotogramas por segundo, o que quere dicir que cada fotograma dura 1/60 s. En conclusión, o tempo dunha volta completa é 164 fotogramas x 1/60 s = 2,73 s.

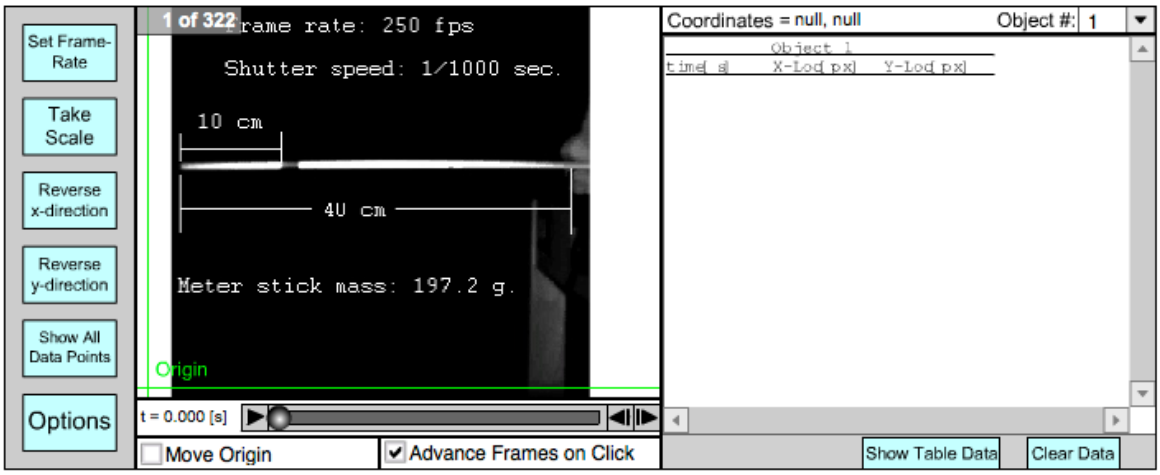
Para medir a distancia de cada punto ao centro de xiro non temos máis que usar a regra sobreimpresa no vídeo. Facendo coincidir o punto amarelo coa regra obtemos que este está a 32 cm do centro da roda.



Utilizando estas medidas e outras tomadas de xeito análogo nos restantes puntos da roda pódense calcular e comparar diversas magnitudes como o período de rotación, a velocidade angular ou a velocidade lineal.

Exemplo 2: "Ruler Vibrations: 40 cm ruler", do Doane College Physics Department (http://physics.doane.edu/physicsvideolibrary/FlashVideos/vibrations/ruler%2840cm%29.html)

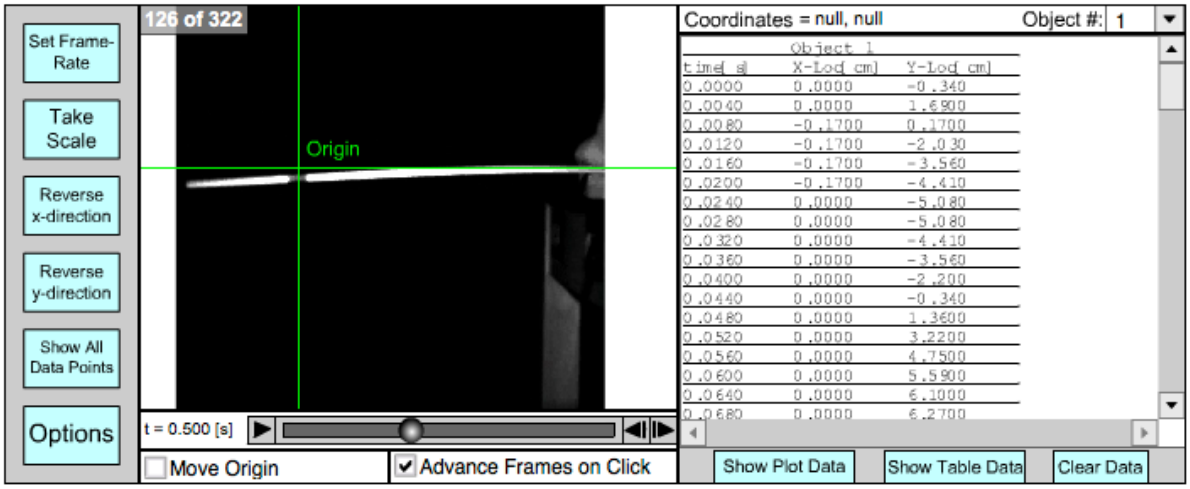
Neste exemplo imos analizar o movemento dun punto dunha regra que está vibrando. O proceso de toma de datos nos vídeos desta biblioteca consiste en marcar, fotograma a fotograma, as sucesivas posicións do punto considerado, e a ferramenta encárgase de traducir os puntos marcados a valores de posicións e tempos.

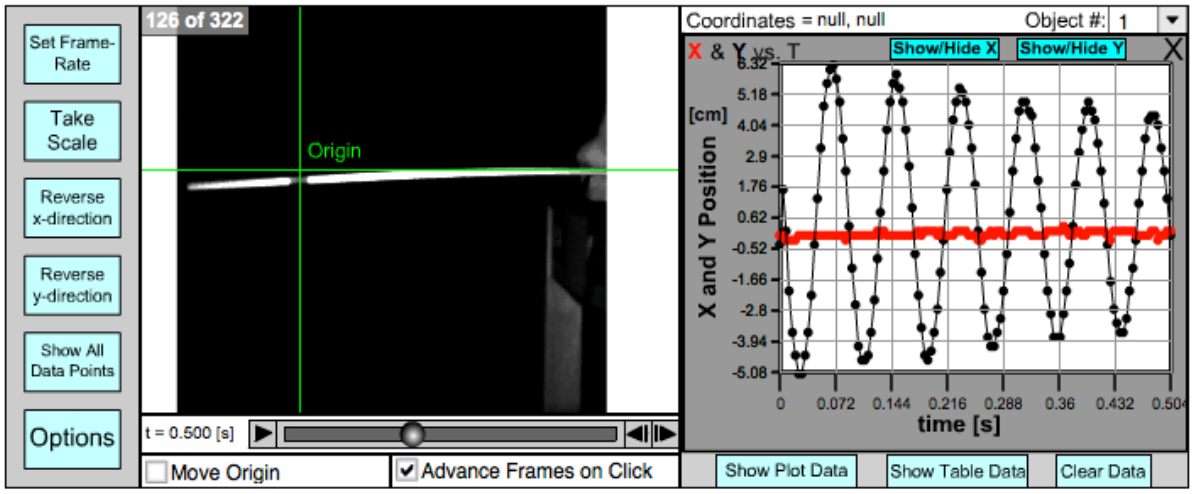


Para realizar a análise de vídeo en primeiro lugar hai que determinar as escalas de lonxitude e tempo, para o que é necesario introducir a seguinte información: a velocidad de gravación en fotogramas por segundo (en “Set Frame Rate” introdúcese o valor que indica o vídeo, 250 fps neste caso), unha lonxitude coñecida (en “Take Scale” indícase a distancia coñecida, por exemplo os 40 cm que mide a regra, e márcanse as súas coordenadas inicial e final), e a situación da orixe do sistema de referencia (primeiro selecciónase “Move Origin” e a continuación desprázanse os eixes de coordenadas ata a posición desexada).

Unha vez introducidos estes parámetros pódese proceder a marcar as coordenadas espaciais do punto considerado. Para isto simplemente hai que facer clic co rato nas posicións sucesivas do punto ao longo da súa traxectoria, xa que o vídeo avanza automaticamente ao seguinte fotograma cada vez que se marca unha posición (sempre que estea seleccionada a opción “Advance Frames on Click”).

Unha vez marcadas todas as posicións, estes valores das coordenadas *x* e *y* en función de *t* pódense visualizar ou ben en forma de táboa ou ben como unha gráfica:



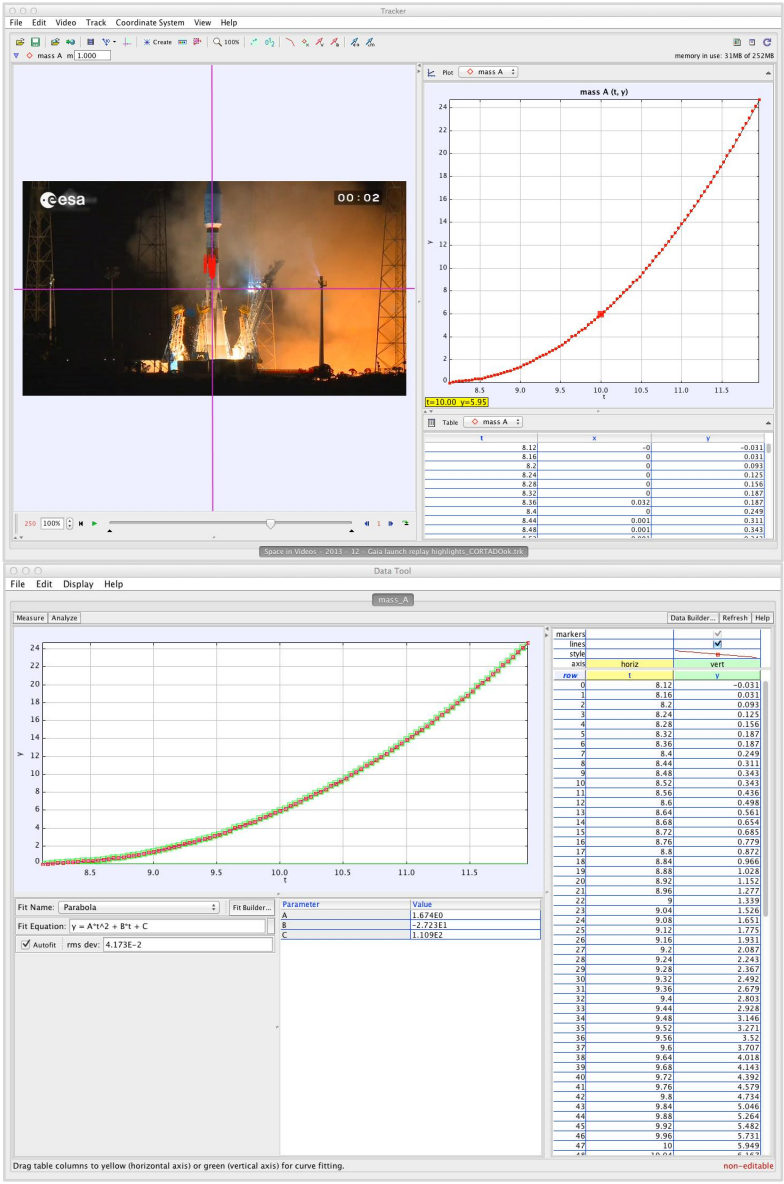


NOTA: Esta aplicación de análisie online require o uso de Flash, pero os vídeos están tamén dispoñibles para a súa descarga e poden ser analizados utilizando outras ferramentas.

Exemplo 3: “Lanzamento do satélite Gaia a bordo do foguete Soyuz” (https://youtu.be/YZ9DymZ1te0)

Procedendo de xeito análogo ao indicado no anterior exemplo, co programa Tracker marcamos as posicións do obxecto considerado e obtemos os valores da posición fronte ao tempo. Este completo programa, co que podemos analizar practicamente calquera vídeo, permite calcular outras magnitudes a partir dos datos obtidos, como velocidades, aceleracións ou enerxías. Tamén ofrece ferramentas de análise de datos, como axuste a curvas e estadísticas.

As seguintes capturas de pantalla amosan os resultados obtidos ao considerar a posición vertical (y) en función do tiempo para o foguete Soyuz nos catro primeiros segundos do lanzamento:



A continuación preséntase unha guía rápida do uso deste programa. Para obter máis información sobre como utilizar o programa Tracker pódese consultar o manual dispoñible en http://physlets.org/tracker/help/frameset.html.

Guía rápida de uso de Tracker	
PASO 1: Identificar os fotogramas a analizar	Abrir o vídeo.
	Determinar cales serán os fotogramas inicial e final.
PASO 2: Establecer a escala temporal	Introducir a velocidade de gravación (en fotogramas por segundo).
PASO 3: Determinar o sistema de referencia espacial	Identificar unha medida coñecida.
	Situar os eixos de coordenadas.
PASO 4: Marcar as posicións	Crear unha masa puntual
	Marcar a traxectoria
PASO 5: Analizar os datos	Representar graficamente as variables consideradas.
	Definir novas variables.
	Axustar os datos a unha curva.
PASO 6: Gardar os resultados	Copiar ou gardar as imaxes.
	Exportar os datos.

Bibliografía

- Bell, R. L., Gess-Newsome, J. e Luft, J. (Eds.) (2008). *Technology in the Secondary Science classroom*. National Science Teachers Association.
- Brown, D. e Cox, A. J. (2009). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher* 47, 145-150.
- Chickering, A. W. e Gamson, Z. F. (1987). Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. *American Association for Higher Education Bulletin* 39, 3-7.
- Clark, R. C. e Mayer, R. E. (2008). *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning* (2ª ed.). Pfeiffer.
- Czuk, C. e Henderson, C. (2005). Strategies for the Development of Student Problem Solving Skills in the High School Physics Classroom. Consultado en maio de 2016, Western Michigan University, http://homepages.wmich.edu/~chenders/Publications/Czuk2005.pdf
- Ennis, R. H. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities*. Consultado en maio de 2016, University of Illinois, http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_51711_000.pdf
- Ezquerra Martínez, A., Iturrioz González, I. e Díaz Pérez, M. (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de vídeos y su aplicación al aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9 (2), 252-264.
- Laiton Poveda, I. (2011). ¿Es posible desarrollar el pensamiento crítico a través de la resolución de problemas en física mecánica? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (1), 54-70.
- Lara-Barragán Gómez, A. e Cerpa Cortés, G (2014). Enseñanza de la Física y desarrollo del Pensamiento Crítico, *Latin-American Journal of Physics Education* 8 (1), 52-59.
- Parlamento Europeo (2015). *Encouraging STEM studies for the Labour Market*. Directorate General for Internal Policies. Policy Department A: Economic and Scientific Policy.