

Estudio de la caída libre desde marcos de referencia no inerciales usando herramientas computacionales¹

Free fall study from non inertial reference frames using computational tools

Estudo de queda livre sem quadros de referência a partir usar inertial ferramentas informáticas

Recibido: octubre de 2013

Aprobado: abril de 2014

John Hernán Díaz Forero²

Miguel José Espitia Rico³

Edison Francisco Cudris García⁴

Resumen

Se elaboró una propuesta para la enseñanza e implementación del modelo de Galileo (descripción del movimiento del punto material —partícula— en el espacio y en el tiempo) en los cursos de física para ciencias e ingeniería, realizando una clase de física mediante la resolución de problemas no convencionales, específicamente la descripción de la caída libre desde sistemas de referencia no inerciales. En particular, se considera en el espacio bidimensional de coordenadas un observador inercial en el origen de coordenadas, que percibe un sistema de dos partículas con la propiedad masa m , con diferentes posiciones iniciales y velocidades iniciales, que están en presencia del campo gravitacional \vec{g} , y se resuelve el problema desde sistemas de referencia no inerciales montados en las partículas 1 y 2. Se realizó una animación apoyada en el uso de nuevas tecnologías computacionales (el software Interactive Physics).

Palabras clave: enseñanza, resolución de problemas, caída libre, sistemas no inerciales, interactive physics.

Abstract

In In this paper, a proposal for the teaching and implementation of Galileo model (description of motion of a material point (particle) in space and time) in physics courses for science and engineering, making a physics class, through unconventional problem solving, specifically describing the free fall from non-inertial reference systems, especially considered in the two-dimensional space coordinate an inertial observer

1 Artículo de investigación.

2 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto: jhdiazf1@gmail.com

3 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto: mespitiar@udistrital.edu.co

4 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Contacto:efcudris@udistrital.edu.co

at the origin of coordinates, which perceives a system of two particles with mass m property with different initial positions and initial rates, which are in the presence of the gravitational field \vec{g} , and resolves the problem from non-inertial reference systems mounted on the particles 1 and 2. Performing a supported animation using computer technologies (Interactive Physics software).

Keywords: Teaching, troubleshooting, free-fall, non-inertial systems, interactive physic.

Resumo

Na Neste trabalho, uma proposta para o ensino e Implementação de modelo Galileo (descrição do movimento de um material de ponto (partículas) no espaço e no tempo), em cursos de física para a ciência e engenharia, fazendo uma aula de física, por meio de resolução de problemas não convencionais, especificamente descrevendo a queda livre a partir de sistemas de referência não inerciais, especialmente considerada no espaço bidimensional coordenar um observador inercial na origem das coordenadas, Opaco percebe um sistema de duas partículas com massa m propriedade com diferentes posições iniciais e taxas iniciais, Que são na presença do campo gravitacional, e soluciona o problema a partir de sistemas de referência não-inerciais montado sobre as partículas 1 e 2. Executando uma animação apoiado o uso de tecnologias de computador (software Interactive Physics).

Palavras-chave: ensino, solução de problemas, queda livre, sistemas não-inerciais, interactive physics.

Introducción

En las universidades se ejecuta el proceso de enseñanza-aprendizaje de una manera muy homogénea, se realizan las clases teórico-prácticas de una manera muy similar, no importa lo disímil de las temáticas que se estén abordando o lo complejo del proceso teórico o práctico de los contenidos, los docentes mantienen los mismos métodos y procedimientos para orientarlos, y por lo general se cuestionan el interés, el esfuerzo personal, la responsabilidad y las bases cognitivas de sus estudiantes cuando los

resultados del aprendizaje no corresponde con lo que se aspiraba que alcanzaran.

Muchos investigadores consideran que la causa de que los estudiantes no logren los niveles esperados respecto de sus procesos cognitivos se explica en la forma en que es proporcionada la información, sumado el método que utiliza el estudiante para aprender, es decir, para configurar la información proporcionada de manera coherente y así dar un significado que tenga relevancia en un contexto determinado (Calderón, López y Gil, 2007; Gallego, Gallego y Pérez, 2007).

Lo que se busca entonces es dirigir el trabajo del profesor fundamentalmente a enseñar procedimientos para el saber y para el saber hacer. Esta tendencia renovadora abre nuevos retos al diseño de currículos y lleva a modelar el proceso educativo con nuevas formas de enseñanza-aprendizaje que integren los avances de la pedagogía contemporánea al empleo de las nuevas tecnologías de la información (Gluck, 2003; Hurtado, 2002).

Las nuevas tecnologías de la información vistas desde el panorama educativo pueden enriquecer y hasta transformar radicalmente las prácticas pedagógicas y científicas en este nivel educacional, elevando significativamente el grado de competitividad y de desarrollo en los profesionales (Gluck, 2003; Navone, 2008; Salinas, Gil y De Cudmani, 1995). El reto está en estudiar y promover una nueva manera de comunicar y “gerenciar” el conocimiento, apoyados en la integración de estas nuevas tecnologías.

Planteamiento del problema

En el espacio bidimensional de coordenadas (plano cartesiano), un observador inercial en el origen de coordenadas percibe un sistema de dos partículas con la propiedad masa m_j en las posiciones $\vec{r}_j(t)$, ($j = 1$ y 2), tal que aquellas están en presencia del campo gravitacional $\vec{g} = (0, -g)$.

Metodología

Las condiciones metodológicas particulares en las que se propone la solución son las siguientes (Campos, 2002):

- Se realizan definiciones preliminares (figura 1):
 - universo;
 - observador;

- aparatos de medida;
- sistema de referencia inercial;
- sistema físico objeto de estudio.

- Proponiendo el problema particular enmarcado en la generalidad: el problema de describir el movimiento unidimensional de la partícula en el tiempo con aceleración constante.
- Realizando definiciones particulares para la solución del problema, desplazamiento espacial, desplazamiento temporal, velocidad media e instantánea, aceleración media e instantánea y planteando el problema desde estas definiciones:

- En el espacio bidimensional de coordenadas un observador inercial en el origen de coordenadas, que percibe un sistema de dos partículas con la propiedad masa m , en las posiciones iniciales:

$$\vec{r}_1 = 0i + 0j \text{ (m)} \quad \vec{r}_2 = x_0i + 100j \text{ (m)}$$

y velocidades iniciales:

$$\vec{v}_1 = 0i + 50j \text{ (m / s)} \quad \vec{v}_2 = 0i + 0j \text{ (m / s)},$$

que están en presencia del campo gravitacional con $g = 10 \frac{m}{s^2}$.

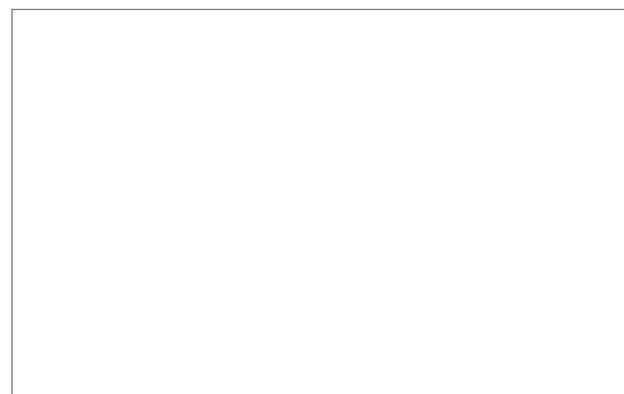


Figura 1. Esquema de definiciones preliminares.

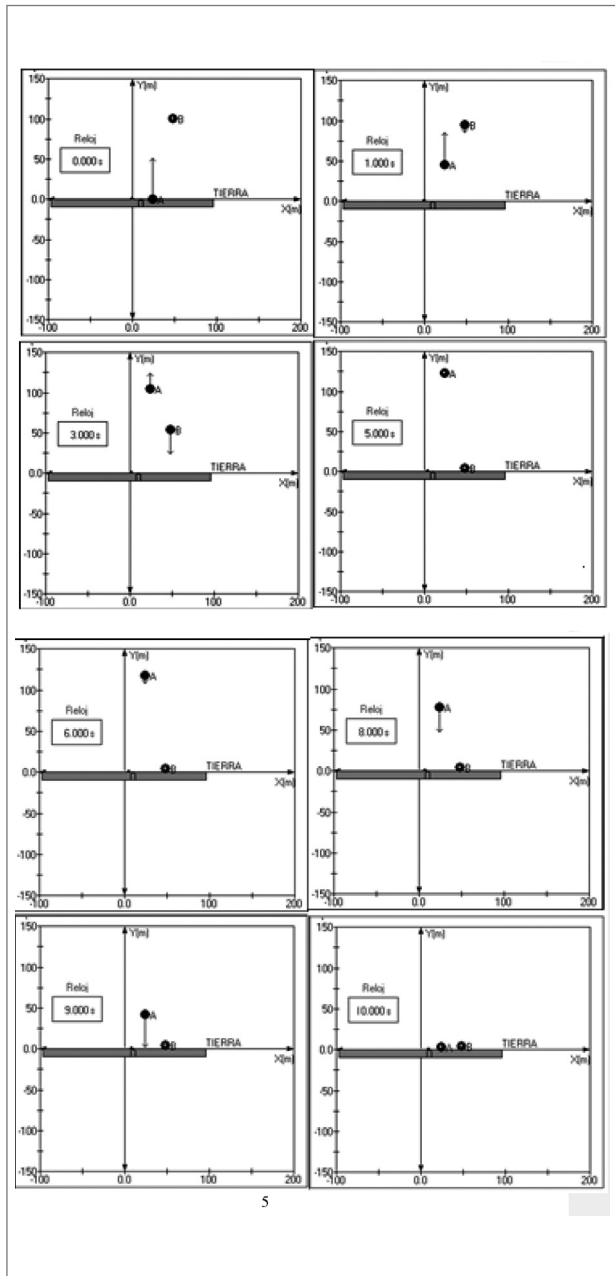


Figura 2. Animación de problema con el Interactive Physics.

Solucionar el problema desde el sistema inercial de referencia tierra (O) y desde los sistemas de referencia no inerciales de referencia que se les asocian a las partículas 1 y 2 que de ahora en adelante las llamaremos partículas A y B, haciendo uso de la metodología con la ayuda del Interactive Physics (figura 2).

Resultados y discusión

A partir de las condiciones iniciales se plantea la solución para la posición y la velocidad en función del tiempo de las partículas A y B respecto del observador inercial O (tierra), se ingresan estas ecuaciones al Interactive Physics (ecuaciones 3.1 y 3.2) y se realiza la animación (figura 3).

Referencia: 0 (tierra)		
Partícula A	$y_A(t) = (0 + 50t - 5t^2) \text{ m}$ $v_A(t) = (50 - 5t) \text{ m/s}$ $a_A = (-10) \text{ m/s}^2$	(3.1)
Partícula	$v_B(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, -10t, 0) \text{ m/s}$ $y_B(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 100 - 5t^2, 0) \text{ m}$ $a_B = (-10) \text{ m/s}^2$	(3.2)

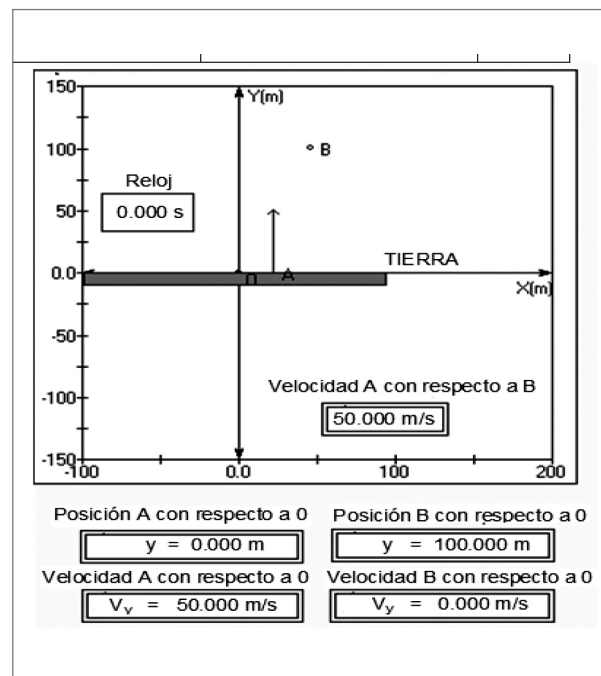


Figura 3. Animación desde el observador terrestre.

Se obtienen las figuras de posición y velocidad en función del tiempo (figura 4) y se observa la evolución en el espacio y en el tiempo del objeto A y B desde el observador terrestre.

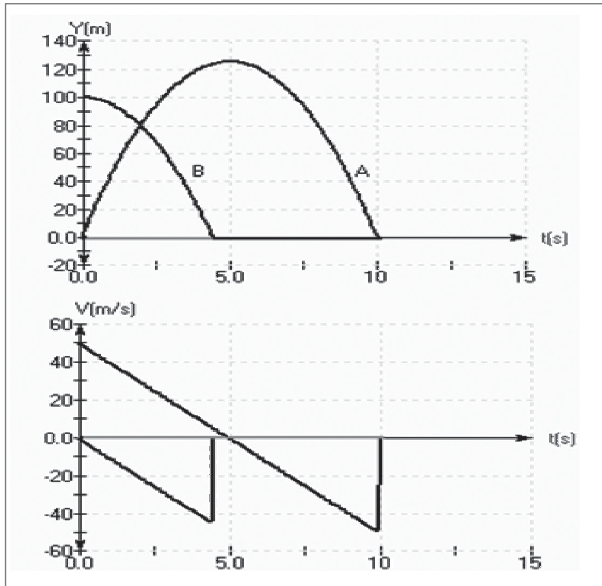


Figura 4. Posición y velocidad en función del tiempo del objeto A y B desde el observador terrestre.

Luego se plantea la solución para la posición y la velocidad en función del tiempo de los objetos O (tierra) y B respecto del observador no inercial A, se ingresan estas ecuaciones al Interactive Physics (ecuaciones 3.3 y 3.4) y se realiza la animación (figura 5).

Referencia: A		
Partícula 0 (tierra)	$y_0(t) = (-50t + 5t^2) \text{ m}$ $v_0(t) = (-50 + 10t) \text{ m/s}$ $a_0 = (-10) \text{ m/s}^2$	(3.3)
Partícula A	$y_B(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 100 - 5t^2, -50t + 5t^2) \text{ m}$ $v_B(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, -50, -50 + 10t) \text{ m/s}$ $a_B = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 0, 10) \text{ m/s}^2$	(3.4)

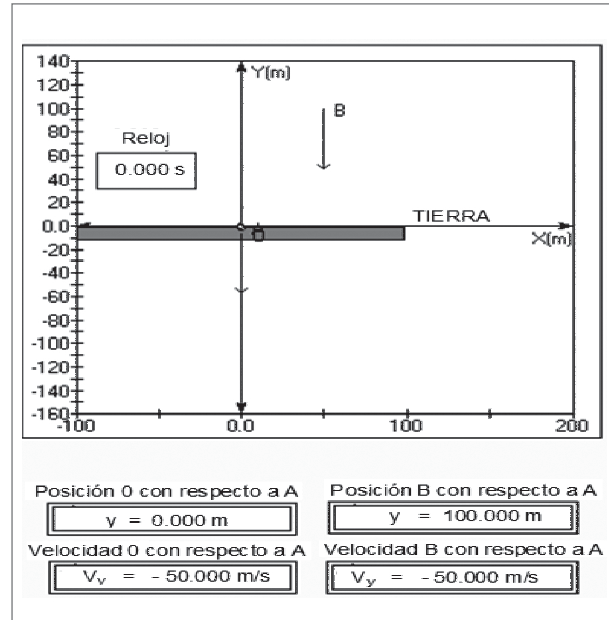


Figura 5. Simulación desde el observador B.

Se obtienen las figuras de posición y velocidad en función del tiempo (figura 6) y observamos cómo la tierra se aleja y se acerca del objeto A, como si estuviera en un campo de gravedad +g. El objeto B se mueve con velocidad constante mientras choca con la tierra, luego tierra y objeto B se mueven siguiendo la misma ley de movimiento.

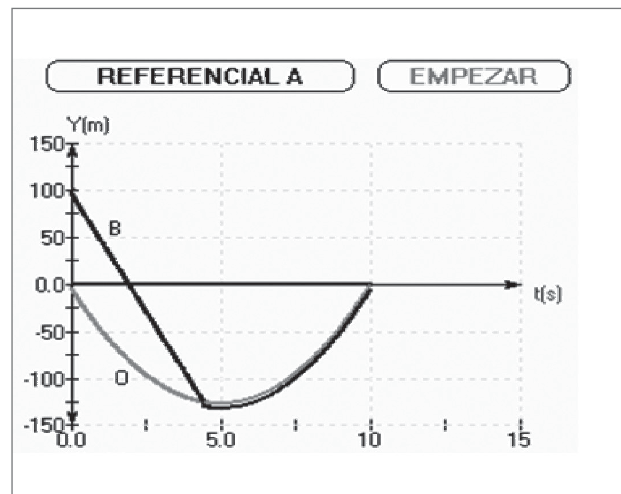


Figura 6a. Posición en función del tiempo del objeto 0 y B con respecto a A.

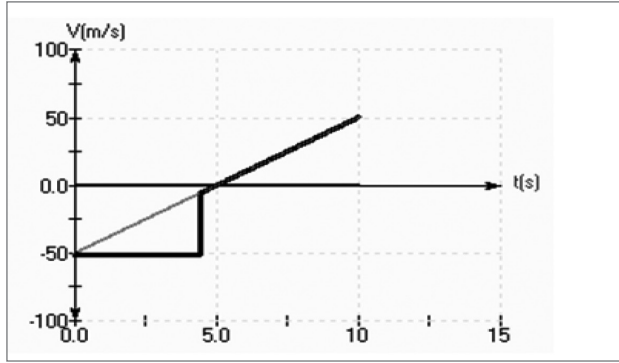
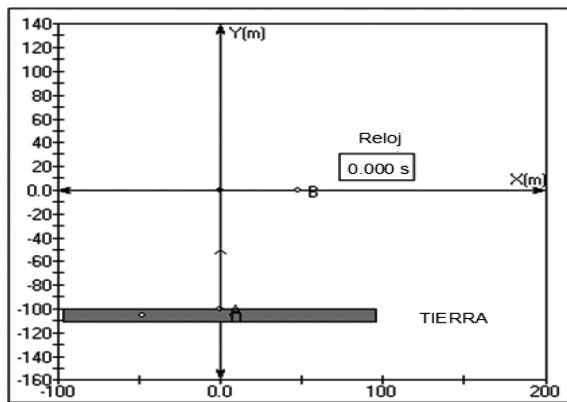


Figura 6b. Velocidad en función del tiempo del objeto O y B con respecto a A.

Finalmente, se plantea la solución para la posición en función del tiempo y la velocidad en función del tiempo de los objetos O (tierra) y A respecto del observador no inercial B, se ingresa al Interactiva Physis (ecuaciones 3.5 y 3.6) y se realiza la simulación (figura 7).

Referencia: B		
Partícula O (tierra)	$y_0(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 100 + 5t^2, 0) \text{ m}$ $v_0(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 10t, 0) \text{ m/s}$ $a_0 = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 10, 0) \text{ m/s}^2$	(3.5)
Partícula A	$y_A(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, -100 + 50t, 50t - 5t^2) \text{ m}$ $v_A(t) = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, 50, 50 - 10t) \text{ m/s}$ $a_A = (0 \leq t \leq \sqrt{20}, -10t, 0, -10) \text{ m/s}^2$	(3.6)



Posición O con respecto a B: $y = -100.000 \text{ m}$
 Posición A con respecto a B: $y = -100.000 \text{ m}$
 Velocidad O con respecto a B: $V_y = 0.000 \text{ m/s}$
 Velocidad A con respecto a B: $V_y = 50.000 \text{ m/s}$

Figura 7. Animación desde el observador B.

Se obtienen las figuras de posición y velocidad en función del tiempo con respecto al observador no inercial B (figura 8). Se ve el objeto A moviéndose con velocidad constante mientras la tierra choca al objeto B, luego el objeto A se mueve de idéntica manera como cuando se estudia desde el observador terrestre, esto es debido al hecho de que la tierra, que es el sistema de referencia inercial, cuando choca con el objeto B adquiere el carácter de sistema de referencia inercial.

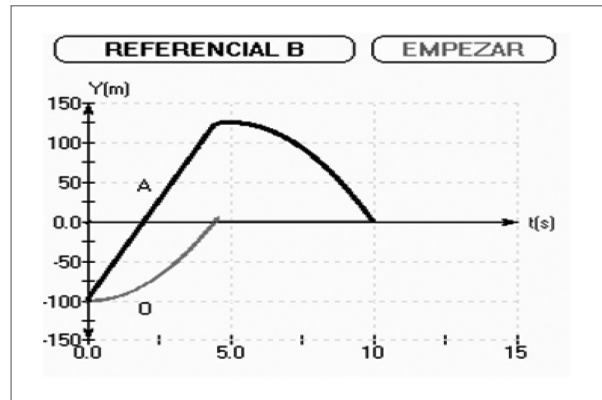


Figura 8a. Posición en función del tiempo del objeto O y A con respecto a B.

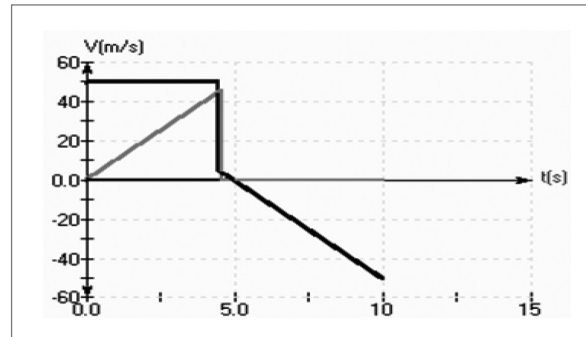


Figura 8b. Velocidad en función del tiempo del objeto O y A con respecto a B.

Se obtienen las figuras de posición y velocidad en función del tiempo con respecto al observador no inercial B. Se ve el objeto A moviéndose con velocidad constante mientras la tierra choca al objeto B, luego el objeto A se mueve de idéntica manera como cuando se estudia desde el observador

terrestre, esto es debido al hecho de que la tierra, que es el sistema de referencia inercial, cuando choca con el objeto B adquiere el carácter de sistema de referencia inercial.

Conclusiones

Se soluciona el mismo problema desde tres sistemas de referencia, dos de los cuales son no inerciales, se predicen los mismos resultados, independientemente del observador. Las representaciones en el espacio-tiempo son distintas, tal y como se observó, pero debido a que el tiempo que miden los tres observadores es el mismo y ningún sistema de referencia está rotando con respecto a otro, solo observamos cambios en la geometría espaciotemporal.

Referencias bibliográficas

Calderón, S., López González, S. y Gil, S. (2007). Determinación de fuerza de roce con el aire usando nuevas tecnologías. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20(1), 55-64.

Campos Romero, D. (2002). *Prolegómenos a los sistemas dinámicos*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Gallego Torres, A. P., Gallego Badillo, R. y Pérez, R. (2007). Consideraciones metodológicas en torno a la didáctica de la modelización. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20(1), 7-15.

Gluck, P. (2003). Air resistance on falling balls and balloons. *The Physics Teacher*, 41, 178-180.

Hurtado M. A. (2002). Física con Interactive Physics y/o Mathcad. *Revista Científica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 4(1), 115-126.

Navone Hugo, P. T. (2008). Física computacional en el nivel medio: ¿una asignatura pendiente? *Revista de Enseñanza de la Física*, 21(2), 61-74.

Salinas, J., Gil D., C. de Cudmani, L., (1995). La elaboración de estrategias educativas acorde a un modelo científico de tratar las cuestiones. IX Reunión Nacional de Educación en la Física.