

Simulaciones computadorizadas en la enseñanza de la física en el Curso Premédico

Computer-driven simulations in the teaching of the physics in the Pre-Medical Course

Julio P. Vázquez Conde
Universidad de Ciencias Médicas en La Habana
Correo electrónico: dpiccsa@infomed.sld.cu
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0257-9111>

Recibido: 20 de diciembre de 2021

Aceptado 18 de febrero de 2022

Resumen

Las computadoras han penetrado las diferentes esferas de la actividad de la sociedad, en particular la salud pública. Los experimentos de cálculo o simulaciones computadorizadas o virtuales, inicialmente desarrollados para la solución de problemas desde otras ciencias como la física, son ampliamente utilizadas en salud pública ya sea en epidemiología o la investigación médica y constituyen un medio de enseñanza en la educación médica. La preparación de las nuevas generaciones de profesionales de la salud para que puedan asimilar las nuevas tecnologías empleadas en áreas de la profesión y sus constantes cambios es insoslayable. Los software profesionales para el desarrollo de simulaciones en ciencias de la salud no están accesibles a los estudiantes lo que implica encontrar alternativas que permitan su familiarización con estas importantes herramientas. El objetivo de este trabajo es demostrar las potencialidades de los *applets* Java para familiarizar a los estudiantes del Curso Premédico con las simulaciones computadorizadas y sus posibilidades para satisfacer la necesidad de actividad experimental ante las carencias de laboratorios reales en la Facultad Preparatoria.

El aporte que se realiza radica en una propuesta para la utilización de *applets* para la actividad experimental durante la resolución de problemas de la asignatura Física.

Palabras clave: premédico, *applets*, simulación

Abstract

The computers have penetrated in the different spheres of the activity of the society, in particular the public health. The calculation experiments or computer-driven simulations, initially developed for the solution of problems from other sciences like the physics, are broadly used in public health in either epidemiology or medical investigation and constitute a teaching mean in the medical high education. The preparation of the new generations of health professionals so that they can assimilate the new technologies used in areas of the profession and their constant changes it is necessary. The professional software for the development of simulations in health sciences is not accessible to the students what implies to find alternative that allows its familiarization with these important tools. On the other hand for the physics course of pre-medical they don't have the necessary equipment of laboratory for the realization of real experiments. The objective of this work is to demonstrate the potentialities of the Java applets to familiarize to the students of the Pre-medical Course with the computer-driven simulations and its possibilities to satisfy the necessity of experimental activity before the lacks of real laboratories in the Preparatory Faculty. The contribution that is carried out resides in a proposal for the applets use for the experimental activity during the resolution of problems of the subject of Physics.

Keywords: pre-medical, applets, simulation

Licencia Creative Commons



Introducción

Las computadoras han penetrado las diferentes esferas de la actividad de la sociedad, en particular la salud pública. Los experimentos de cálculo o simulaciones computarizadas, inicialmente desarrollados para la solución de problemas en otras ciencias como la física, son ampliamente utilizadas en salud pública ya sea en epidemiología o la investigación médica y constituyen un medio de enseñanza en la educación médica superior. Esto se ha revelado al ciudadano común e incluso a los jóvenes que aspiran a carreras de ciencias médicas en los análisis de los pronósticos de la evolución de la pandemia de Covid-19 en las conferencias de prensa televisivas diarias del Director de Epidemiología del Ministerio de Salud Pública de Cuba y en otros espacios informativos a partir del análisis de los resultados de las simulaciones con modelos matemáticos en computadoras. La preparación de las nuevas generaciones de profesionales de la salud para que puedan asimilar las nuevas tecnologías empleadas en diferentes áreas de la profesión y sus constantes cambios es insoslayable.

Las computadoras han variado sustancialmente los métodos de investigación e influido decisivamente en el desarrollo científico. El análisis de la evolución y desarrollo de las computadoras permitió precisar las principales direcciones de utilización de las computadoras en la actividad científica investigadora [1], entre ellas se encuentran:

- La realización de cálculos numéricos extensos
- La realización de experimentos de cálculo o simulaciones computarizadas
- La automatización de experimentos
- La utilización de sistemas expertos
- El almacenamiento, organización, búsqueda y comunicación automatizados de la información científica.
- El análisis de imágenes (trazas, fotos y videos)

En este trabajo se dedica especial atención a la realización de experimentos de cálculo o simulaciones computarizadas.

En las condiciones de ampliación de las simulaciones computarizadas Shannon y Johannes[2] las caracterizaron como "...el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema".

El objetivo del trabajo es demostrar las potencialidades de los *applets* de Física para familiarizar a los estudiantes del Curso Premédico con la utilización de las simulaciones computadorizadas en la ciencia.

Desarrollo

Las simulaciones computadorizadas en la investigación en física

El impacto que las computadoras han producido en la Física a estado determinado por dos factores: a) los cambios que se han producido en los objetos de estudio y las condiciones en las que se realiza la actividad investigadora y b) el propio desarrollo que ha alcanzado esta tecnología.

Como consecuencia del desarrollo de las computadoras ya hacia 1965 se hizo posible la amplia difusión de la experimentación con modelos matemáticos en la computadora (experimentación numérica o simulación computadorizada).

La simulación es esencialmente una técnica para la realización de experimentos con un modelo construido de una situación real, una hipótesis o un conjunto de hipótesis. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

Los experimentos de cálculo o simulación matemática guarda semejanza con la investigación experimental y con la investigación teórica. Como en el experimento real, durante la simulación se examina un objeto variando sus propiedades y situándolo en diferentes condiciones. Esto se logra, por ejemplo, cambiando los valores de las constantes y de las condiciones iniciales de las ecuaciones con que se describe un proceso. Pero independientemente de las acciones que realice el investigador, él no estudia directamente un objeto material, sino ideal y el análisis efectuado es eminentemente teórico.

Como consecuencia de este proceso Shubik [3] precisó las condiciones bajo las que debe realizarse la simulación en lugar de manipular el sistema real "La simulación de un sistema (o un organismo) es la operación de un modelo (simulador) el cual es una representación del sistema. Este modelo puede sujetarse a manipulaciones que sería imposibles de realizar, demasiado costosas o imprácticas. La operación de un modelo puede estudiarse y con ellos, inferirse propiedades concernientes al comportamiento del sistema o subsistema real".

Atendiendo a lo expresado por Shubik [3] y al papel del experimento en la investigación científica la simulación es conveniente o necesaria por:

- La factibilidad y costo de experimentos para obtener datos para formular hipótesis
- La complejidad del objeto que no permita la elaboración de un modelo matemático simple
- El carácter de las soluciones del modelo
- La factibilidad y costo de experimentos para obtener datos para verificar hipótesis.

Un ejemplo de utilización de las simulaciones en los años de la década del 40 del pasado siglo permitió resolver problemas concernientes al desarrollo de la bomba atómica en el Laboratorio Nacional de Los Álamos en EE UU mediante la simulación de la difusión de neutrones en el material de fisión utilizando el Método de Montecarlo. Otro ejemplo más reciente es la preparación de experimentos para descubrimientos trascendentales de la Física fueron los que se realizarían en el nuevo acelerador de partículas LHC del CERN para revelar la existencia del bosón de Higgs.

Para la realización de las simulaciones computarizadas en la ciencia se ha establecido un procedimiento estructurado en las siguientes etapas: a) Definición del sistema, b) Formulación del modelo, c) Colección de datos, e) Implementación del modelo en la computadora, d) Verificación, e) Validación del Sistema, f) Experimentación, g) Interpretación y h) Documentación.

Las simulaciones computarizadas en la salud pública

En varias ramas de las ciencias de la salud son utilizadas simulaciones de diferentes tipos con objetivos específicos. Esto fue evidenciado en el análisis de artículos publicados en revistas de ciencias médicas [4] [5] [6] [7].

En los estudios epidemiológicos los investigadores desarrollan y validan modelos matemáticos para estudiar la propagación de enfermedades y anticipar las epidemias para una mejor lucha contra ellas. Esto se reveló en los estudios sobre la evolución y desarrollo de la pandemia de Covid-19 para la toma de decisiones en cuanto a las medidas para su enfrentamiento como se muestra en recientes trabajos publicados en revistas especializadas [8] [9].

También se incrementa el desarrollo y la expansión cada vez más de las simulaciones en entornos virtuales para enseñar a los profesionales de la salud procedimientos terapéuticos y de diagnóstico, así como de conceptos y para la toma de decisiones médicas.

Las simulaciones computadorizadas en la enseñanza de la física

El análisis de artículos publicados sobre el empleo de las simulaciones en el proceso de enseñanza de la física entre los que se encuentran los de Rodríguez, Mena y Rubio[10]; Crespo[11]; Amadeu y Leal[12]; López[13]; Montoya y Salas[14]; Ayón y Vítores[15]; Sánchez[16], Fundora, Jiménez y García[17] permitió establecer que ha estado dirigido a la intensificación del aprendizaje, a la manipulación de datos para ver qué pasa, paliar las carencias de equipos de laboratorio reales y al aprendizaje de conceptos impactando fundamentalmente sobre los medios de enseñanza. En estos no se revela el papel de las

simulaciones computadorizadas como método de las ciencias.

En calidad de programas para la realización de simulaciones computadorizadas en este trabajo se propone utilizar *applets java*.

Los *applets* son programas escritos en lenguaje *java* que se incluyen en las páginas *Web* con el fin de posibilitar la interacción en tiempo real, incluir animaciones y sonido. Los *applets* pueden ser transformados, aprovechando su interactividad, de ilustraciones de fenómenos, a herramientas para la solución de problemas que demandan la realización de experimentos para comprobar

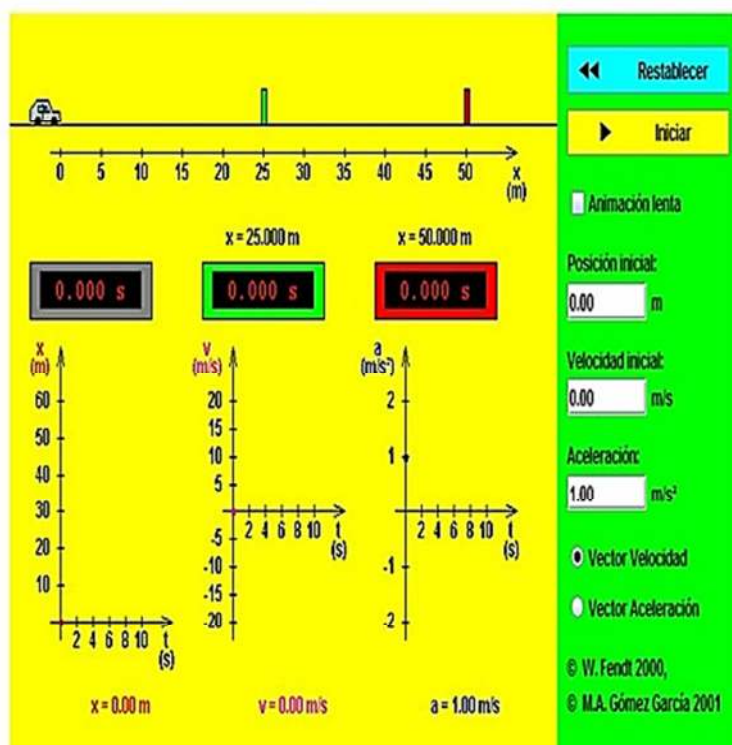


Figura 1. Applet Movimiento con Aceleración constante. Fuente: Elaboración propia

hipótesis o que requieran verificar resultados de la aplicación de algún conocimiento anterior.

Muchos *applets* de física se encuentran en diferentes sitios en internet y pueden ser descargados gratuitamente. Se sugiere utilizar los que se ofrecen en el sitio www.walter-fendt.de pues contiene un conjunto de *applets* que corresponde a diferentes ramas de la Física en un entorno de fácil manejo.

Cada *applet* recrea de forma sencilla el fenómeno objeto de estudio y el sistema de medición (Figura N° 1) en el que se pueden cambiar las condiciones iniciales y los valores de las constantes.

Para la realización de las simulaciones utilizando los *applets* en las clases de Física se propone el procedimiento simplificado: a) Definición del sistema, b) Formulación del modelo, c) Colección de datos, d) Introducción de datos en el modelo en la computadora, e) Experimentación, f) Interpretación, g) Documentación

Sistema de tareas docentes para la realización de simulaciones computarizadas en el tema Mecánica de la asignatura Física del Curso Premédico

En el objetivo general del Curso Premédico se declara que los estudiantes extranjeros deberán adquirir una preparación que propicie la asimilación de las habilidades, hábitos, modos de actuación y la educación de valores, necesarios para cursar la Carrera de Medicina. Esto se ha interpretado como la inclusión de conocimientos de anatomía y fisiología humana y su relación con contenidos de ciencias naturales pero se obvian los métodos y herramientas de esta ciencia.

Al imprimir una orientación salubrista a la asignatura Física del Curso Premédico resulta necesario la inclusión de simulaciones computarizadas que permitan la familiarización de los estudiantes con esta herramienta ampliamente utilizada en las ciencias de la salud lo que le daría actualidad y pertinencia.

Los objetivos del sistema de tareas docentes para que se presenta son:

1. Valorar la importancia de los conocimientos de las características de la caída libre de los cuerpos para el profesional de la salud y los ciudadanos en general.
2. Aplicar los conocimientos sobre la caída libre de los cuerpos en la prevención de problemas de salud y en diferentes actividades de la sociedad.
3. Realizar acciones características de la actividad científica contemporánea durante la solución de problemas.
4. Comunicar, con el uso adecuado del español y el vocabulario técnico de la mecánica y las ciencias de la salud, los resultados de la actividad cognitiva-valorativa.

Tarea 1. ¿Qué relación existe entre el movimiento mecánico y los problemas de salud?

Comentario metodológico 1

En correspondencia con la idea de que la actividad investigativa se inicia a partir de una situación problemática contextualizada y con la orientación profesional del currículo en

la Educación Superior se busca relacionar los problemas de salud con el movimiento mecánico.

El análisis con los estudiantes de los Anuario Estadístico de Salud [18][19] correspondientes a los últimos años permitirá revelar que los accidentes constituyen la quinta causa de muerte en Cuba.

El análisis de los datos de tipos de accidentes que provocan la mayor proporción de fallecidos indican que estos son las caídas accidentales.

Para precisar el estudio a realizar es necesario destacar que una caída no es más que el movimiento (mecánico) de descenso desde cierta altura. El impacto con el suelo de una persona que cae desde cierta altura puede provocarle lesiones muy graves, llegando hasta la incapacitación física e incluso a la muerte. El esqueleto axial, que son los huesos situados en la línea media o eje del cuerpo como la columna vertebral, soporta el impacto con el suelo. Una persona que llegara con las piernas extendidas al suelo se expone a recibir enormes fuerzas a lo largo del eje esquelético del cuerpo, con fracturas de la pelvis, las vértebras o las piernas.

Desde el punto de vista epidemiológico es necesario el estudio de las leyes objetivas, causas y condiciones de este problema de salud para su solución, como se expresa en el libro de texto de la asignatura Introducción a las Ciencias de la Salud para el Curso Premédico. [20]

Tarea 2. ¿Qué tipo de movimiento realizan los cuerpos durante la caída?

Comentario metodológico 2

Para el estudio de la caída de los cuerpos se empleará el método que aparece en el libro de texto de Física Curso Premédico [21]:

1. Planteamiento claro y preciso de un problema.

¿Cuáles son las leyes de la caída de los cuerpos que condicionan accidentes que constituyen un problema de salud de la población?

2. Búsqueda y/o recogida de la información referente al problema a investigar.

El análisis de videos de cuerpos que caen cuya rapidez de reproducción pueda ser reducida permitirán establecer algunas ideas iniciales del fenómeno investigado.[22]

En su libro Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias, relativas a la mecánica y a los movimientos locales, publicado en 1638, Galileo al referirse a la caída de los cuerpos expresa "Se han realizado algunas observaciones superficiales, tales

como, por ejemplo, que el movimiento libre de un cuerpo pesado que cae, es continuamente acelerado; pero todavía no se ha anunciado hasta qué punto tiene lugar esta aceleración; por lo que yo sé, nadie ha señalado todavía que las distancias recorridas, en intervalos iguales de tiempo, por un cuerpo que cae desde el reposo, están entre sí como los números impares comenzando por la unidad." [23] advirtiendo sobre el posible carácter de la aceleración de la caída libre.

3. Formulación y operacionalización de la hipótesis.

Dado el carácter acelerado de la caída de los cuerpos y que las distancias recorridas por los cuerpos son pequeñas y por lo tanto no deben cambiar las condiciones del movimiento entonces se puede anticipar que durante la caída los cuerpos se mueven con MRUV.

De las ecuaciones del MRUV y tomando $V_0=0$, entonces el modelo matemático del movimiento es $x=x_0 - (1/2)a \cdot t^2$ del que se deduce que:

La distancia que recorre el cuerpo es directamente proporcional al cuadrado del tiempo. $x = k \cdot t^2$

Para contrastar la hipótesis basta verificar la relación funcional (cuadrática) entre x y t^2 .

4. Verificación de la hipótesis mediante procesos adecuados para ello.

Para la verificación o rechazo de la hipótesis es necesario recurrir al experimento físico.

Definición del sistema

En este experimento deberán ser medidas distancias y tiempo por lo que la instalación experimental básicamente estará conformada por un reloj y una regla.

El aire no realiza ninguna acción sobre el movimiento de los cuerpos

No se considera cualquier otro efecto que pudiera producir el movimiento de la Tierra.

Formulación del modelo

Ya el modelo matemático del fenómeno se precisó al operacionalizar la hipótesis y está implementado en el *applet*.

Colección de datos

Mediante un experimento inicial se determina el supuesto valor de la aceleración de caída de los cuerpos.

De la fórmula del MRUV y tomando $x=0$, $V_0=0$ y $X_0=h$ y despejando aceleración queda $a=2h/t^2$ y con su ayuda se determina el valor de la aceleración buscado

Con una lienza se puede establecer una altura (h) inicial del cuerpo suficientemente grande como para reducir lo más posible la influencia del tiempo de reacción del experimentador en los resultados de las mediciones. Los estudiantes podrán utilizar los cronómetros de sus teléfonos celulares. Se repite el experimento al menos 10 veces y se promedia el tiempo de caída.

Introducción de datos en el modelo en la computadora

Los datos que deben introducirse en la computadora son $V_0=0$ ya que el cuerpo cae a partir del reposo, el valor de la altura seleccionado desde la que se dejará caer el cuerpo y el valor de aceleración de caída determinado experimentalmente.

Experimentación

Para la realización del experimento virtual o simulación se empleará el *applet* Movimiento de proyectiles cuya página de trabajo se muestra en la figura N° 2. La regla está orientada a lo largo del eje "y" y el reloj aparece en la parte superior el área donde se simula en experimento. Al lado derecho del reloj se muestran los valores instantáneos de las variables medidas y algunos datos de las condiciones iniciales del fenómeno

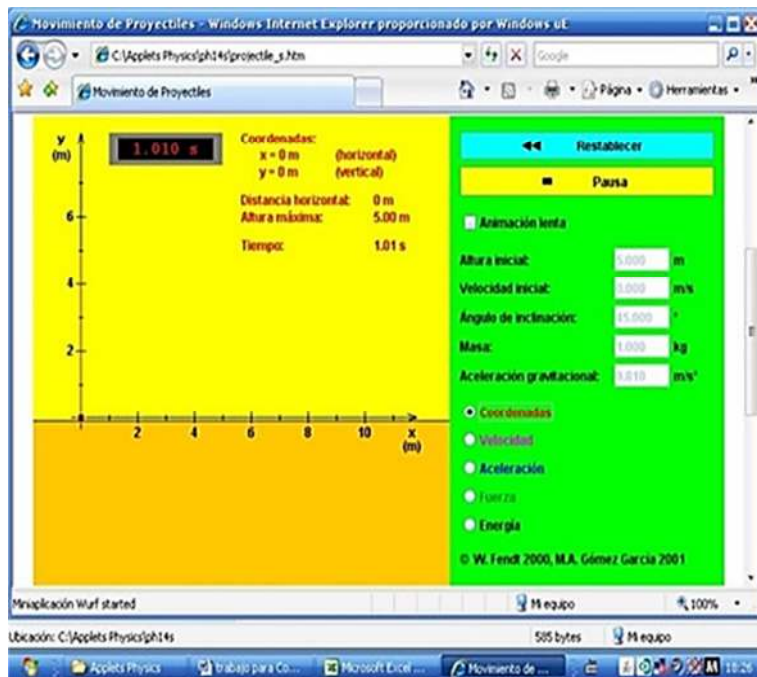


Figura 2. Applet Movimiento de Proyectiles. Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia

Simulaciones computadorizadas en la enseñanza de la física en el Curso Premédico

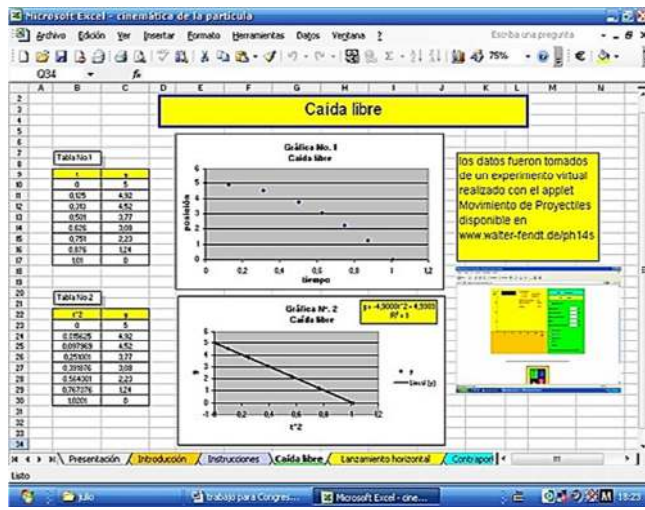


Figura 3. Resultados de la simulación.

Fuente: Elaboración propia

En el lado derecho aparece el área de datos y de los botones que controlan la ejecución de la simulación. Para la toma de mediciones se hace *click* sobre el botón "Pausa" que detiene momentáneamente la ejecución del *applet* para la toma de datos. Al volver hacer *click* sobre "Pausa" se reinicia la corrida del programa.

Se tratará de hacer doble *click* lo más rápidamente posible sobre el botón "Pausa" para tomar los datos. Se deberán tomar entre 8 y 10 pares de datos.

Para el procesamiento de datos se puede utilizar una hoja de cálculo. Mediante una gráfica se demuestra la dependencia lineal (proporcionalidad directa) entre Δx y t^2 , como la presentada en la Figura 3.

5. Análisis, discusión e interpretación de los resultados alcanzados.

Para la obtención de datos en un experimento real se puede recurrir a una foto estroboscópica de la caída de un cuerpo (Figura 4).

Según Valdés y Sifredo [24] "El empleo de fotografías para el análisis de fenómenos no es un procedimiento meramente docente. Gracias a la fotografía se descubrió la radiactividad (1896) y fue posible el estudio experimental del movimiento.

. Gracias a la fotografía se descubrió la radiactividad (1896) y fue posible el estudio experimental del movimiento browniano (1908-1909); ella ha influido notablemente en ramas como la Espectroscopía, la Astrofísica, la Astronomía, la Meteorología y la Física de las Alta Energías."

browniano (1908-1909); ella ha influido notablemente en ramas como la Espectroscopía, la Astrofísica, la Astronomía, la Meteorología y la Física de las Alta Energías.”

Según Valdés y Sifredo [24] “El empleo de fotografías para el análisis de fenómenos no es un procedimiento meramente docente.



Figura 4. Tomada de Física. PSSC. Editorial Reverté

Se proporcionará a los estudiantes una copia de la fotografía sobre la que realizarán las mediciones con una regla. Los datos pueden ser introducidos en una hoja de cálculo ya preparada para el experimento virtual y comparar los resultados.

6. Conclusiones

La correspondencia entre los resultados obtenidos con el empleo del modelo matemático en la computadora y los resultados de las mediciones sobre la foto permiten aceptar la hipótesis adelantada.

Las leyes que es necesario considerar en la solución de problemas como ¿Cuál es la altura máxima que pueden tener los aparatos en un parque de diversiones para evitar lesiones en niños al saltar o caer de ellos? o ¿Cómo caer al piso al saltar durante la práctica de ejercicios físicos o la actividad laboral? son las del movimiento rectilíneo uniformemente variado.

El hogar es el lugar donde las personas pasan gran parte de su tiempo, donde se comparte con la familia, amigos y vecinos, es el confort donde a final de la jornada se descansa, sin embargo, si no se tienen en cuenta algunos requisitos puede ser motivo de desgracia en la mayoría de los casos fatales sobre todo si habitan niños y ancianos.

En niños por su desconocimiento e inexperiencia y en los ancianos por los cambios de la marcha y la rigidez músculo-esquelética, así como las alteraciones visuales.

7. Documentación

La elaboración del informe del trabajo se realizará como tarea extraclase.

Tarea extraclase

1. Redacte el informe del trabajo realizado. Valore el cumplimiento de la metodología a seguir en un trabajo científico según lo descrito en el epígrafe 1.1 del libro de texto. Elabore una síntesis en no más de dos párrafos para exponer en la próxima clase.
2. Verifique la conclusión de Galileo sobre la relación de las distancias recorridas en intervalo de tiempo iguales durante la caída de los cuerpos en su libro "Discursos y demostraciones matemáticas en torno a dos nuevas ciencias, relativas a la mecánica y a los movimientos locales", Implemente un algoritmo en una hoja de cálculo con este fin.

Conclusiones

- La introducción de simulaciones computadorizadas en el Curso Premédico constituye una necesidad y le proporciona actualidad y pertinencia.
- Los applets de física pueden ser utilizados para familiarizar a los estudiantes con las simulaciones computadorizadas ampliamente utilizados en la ciencia y la salud pública.
- La inclusión de las simulaciones computadorizadas en el Curso Premédico no solo modifica los objetivos sino también el contenido y los métodos de enseñanza.

Referencias bibliográficas

1. Valdés R. Las computadoras, los objetivos generales, el contenido y la metodología de la enseñanza de las ciencias. 2016; [Citado: 20 septiembre 2021]. Disponible en: fisica.cubaeduca.cu
2. Shannon R, Johannes JD. Systems simulation: the art and science. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1976; 6(10): 723-724.
3. Shubik M. Simulation of the Industry and the Firm. American Economic Review. 1960; Nº. 5, Dic.: 908-919
4. Dávila A. Simulación en educación médica. Investigación Educación Médica. Internet].2014; [Citado: 20 enero 2022]. 3(10): 100-105. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-investigacion-educacion-medica-343-articulo-simulacion-educacion-medica-S2007505_714727334

5. Caballero F. La simulación: el entorno clínico virtual. Investigación Educación Médica. [Internet]. 2017; [Citado: 20 enero 2022]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-medica-71-pdf-X1575181317608> 153
6. López M, Ramos L, Pato O, López S. Simulación clínica como herramienta de aprendizaje. Cirugía Mayor Ambulatoria. 2013; 18 (1): 27-31
7. Núñez FJ. Uso de los simuladores de realidad virtual en la enseñanza de ciencias básicas en pregrado de medicina. [Internet]. 2017; [Citado: 20 enero 2022]. Tesis. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17077/Nu~nezRicardoFedericoJavier2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Ortigoza G, Lorandi A, Neri I. Simulación Numérica y Modelación Matemática de la propagación del Covid 19 en el estado de Veracruz. Revista Mexicana de Medicina Forense. 2020; 5(3): 21-37
9. Jiménez C, Tisnés A, Linares S. Modelo de simulación del Covid-19 basado en agentes. Aplicación al caso argentino. Posición. [Internet]. 2020; [Citado: 20 enero 2022]. 3. Disponible en: www.posicionrevista.wixsite.com/inigeo
10. Crespo EO. El uso de las simulaciones educativas en la enseñanza de conceptos de ciencias y su importancia desde la perspectiva de los estudiantes candidatos a maestros. (Tesis doctoral). Universidad del Turabo; 2013. Disponible en: https://gurabo.uagm.edu/sites/default/files/uploads/Centro-Estudios-Doctorales/Tesis_Doctorales/2013/ECrespo.pdf
11. Amadeu R, Leal JP. Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. Enseñanza de las Ciencias. [Internet]. 2013; [Citado: 20 enero 2022]. 31(3), 177-188. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/3a5a/4acea506970475c17d80f4cb6d7647146398.pdf>
12. López A. La simulación, una herramienta para el aprendizaje de los conceptos físicos. (Tesis de maestría). Universidad de Medellín; 2016. Disponible en: [http://funes.uniandes.edu.co/11414/1/L%C3%B3pez2016 La.pdf](http://funes.uniandes.edu.co/11414/1/L%C3%B3pez2016%20La.pdf)
13. Montoya ME, Salas GJ. Las simulaciones interactivas como objetos de aprendizaje en el desarrollo de las competencias explicación de fenómenos e indagación en las ciencias naturales en 9°. (Tesis de maestría). Universidad de la Costa. 2018. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/55/57450702-7594450.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Ayón EB, Vítores MC. La simulación: Estrategia de apoyo en la enseñanza de las Ciencias Naturales en básica y bachillerato, Portoviejo, Ecuador. Dominio de las ciencias.

- [Internet]. 2020; [Citado: 20 enero 2022]. 6(2): 04-22. Disponible en: dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index
16. Sánchez W. La simulación Phet en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. Experiencias de Aprendizaje. [Internet]. 2021; [Citado: 20 enero 2022]. 4(1). Disponible en: <https://www.google.com/search?q=las+simulaciones+en+la+ciencia&client=firefox-b&ei=jPwpYs7cNuayqtsP9p-4&start=40&sa=N&ved=2ahUKEwjO0vPO0rv2AhVmmWoFHfbPD-o4HhDy0wN6BAgBEEE&biw=853&bih=530&dpr=1.2>
 17. Fundora J, Carrera L, Garcia PM. Práctica de Laboratorio con simulador de dinámica de los fluidos. Revista Órbita Científica. 2019; 25(101): 04-22
 18. Ministerio de Salud Pública (Minsap). Anuario Estadístico de Salud 2019. La Habana: Dirección de Registro Médicos y Estadísticas de Salud; 2020
 19. Ministerio de Salud Pública (Minsap). Anuario Estadístico de Salud 2020. La Habana: Dirección de Registro Médicos y Estadísticas de Salud; 2021.
 20. Sánchez L, Toledo G, Romero T, Amable Z, Sánchez M, González T, et al. Introducción a las ciencias de la salud. Selección de temas. La Habana: Escuela Latinoamericana de Ciencias Médicas; 2001
 21. Capote M, López LA, Rodríguez M, Pérez G, Sanguinety G, Acosta R, et al. Física. Curso Premédico. La Habana: Escuela Latinoamericana de Ciencias Médicas; 2001
 22. Sifredo C. El análisis de videos como herramienta para la modernización de las actividades experimentales en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física. La Habana: Sello Editor Educación Cubana; 2010.
 23. Altshuler J. A propósito de Galileo. La Habana: Editorial Gente Nueva; 2003.
 24. Valdés P, Sifredo C. Educación Científica y tecnología de la información y las comunicaciones. La Habana: Sello Editor Educación Cubana; 2006.

Contribución de autoría: La concepción del trabajo científico fue realizada íntegramente por Julio Pedro Vázquez Conde.

Conflicto de intereses: El autor declara que no existen conflictos de intereses con otros investigadores u otras organizaciones académicas o científicas.

Autor

Julio P. Vázquez Conde; Doctor en Ciencias Pedagógicas; Profesor Titular; Departamento Docente-Metodológico/Facultad Preparatoria: Metodólogo de Investigación; Universidad de Ciencias Médicas en La Habana, Cuba

