

EL APRENDIZAJE DE LA MECÁNICA CLÁSICA EN AMBIENTES VIRTUALES

JUAN ENRIQUE HERNÁNDEZ BURGOS

Resumen.

Los estudiantes inician el estudio de la mecánica clásica (cinemática y dinámica) en segundo grado de secundaria cuando han desarrollado ya una serie de explicaciones sobre el movimiento de los objetos; este pensamiento es contrario a los principios científicos en tanto que parte de ideas del sentido común o preconcepciones que se caracterizan por ser estables y persistentes. Cuando los docentes de secundaria se afana porque el estudiante aprenda fórmulas y los principios del movimiento el estudiante persiste en explicaciones del sentido común. Ante esto se tiene como hipótesis experimental que el cambio representacional es posible a través del programa instruccional “El movimiento de los cuerpos” diseñado con animaciones (gif, applets, películas flash) y aplicado en un ambiente de aprendizaje significativo. Para ello se formaron dos grupos: control y experimental ambos con 40 estudiantes de segundo grado de secundaria. Las preconcepciones y/o ideas científicas se valoraron con el test “Force Concept Inventory” de Halloun, Hake y Mosca, (1995). Como prueba de hipótesis se realizó un test de Student para muestras relacionadas. En el T1 ambos grupos inician sin diferencias significativas; en el T2 las dimensiones conceptuales “Primera Ley” y “Tercera Ley” poseen diferencias significativas; la dimensión “Clases de Fuerzas” muestra ser tendencialmente significativa; las dimensiones “Cinemática” y “Segunda Ley” muestran un nivel de significatividad bajo y el “Principio de Superposición” no muestra diferencias significativas.

Palabras clave: preconcepciones, física newtoniana, comprensión, fuerza, movimiento, animaciones-web.

El estudio de la mecánica clásica inicia en segundo grado de secundaria con los principios

de cinemática que estudia el movimiento describiendolo a partir de magnitudes físicas como posición, velocidad, aceleración y dinámica donde se analizan las causas que originan dicho movimiento. De forma específica se abordan los conceptos de movimiento rectilíneo, sistema de referencia, aceleración, caída libre de los cuerpos, fricción y las tres leyes del movimiento.

Previo al estudio de estos principios físicos los estudiantes han desarrollado una teoría sobre el movimiento y las fuerzas que se ejercen sobre los objetos. Ellos pueden fácilmente explicar el porque se detiene un balón, la caída de dos objetos de diferente peso y tamaño, la aceleración y velocidad de un auto o las fuerzas ejercidas en el choque de dos autos. Estas hipótesis cognitivas son el resultado de una explicación para los eventos físicos de la vida diaria.

La interpretación de estos fenómenos físicos no es fortuita, sino coherente, estable, significativa y resistente al cambio conceptual, es por ello que estas ideas son definidas por (Halloun y Hestenes, 1985; Hestenes, 1987) como intuitivas y del sentido común; las cuales permanecen en el pensamiento después de los cursos de física en secundaria, bachillerato y universidad (Carrascosa 2005; Duit, 1994; Gunstone, 1987).

El modelo de enseñanza memorístico tradicional al cambiar las preconcepciones por las leyes físicas inhibe el desarrollo de las habilidades lógico físicas en los estudiantes de secundaria (Gil, et al, 1991; Moreno y Waldegg, 1998; Crouch y Mazur, 2001; Giordan, 2002; Escudero y Moreira, 2002). Este pensamiento definido en este trabajo como preconcepciones es parte de la evolución cognitiva y parte misma de la lógica explicativa con que los estudiantes interpretan las causas del movimiento; cabe agregar que este antecedente cognitivo es análogo a las reflexiones aristotélicas (Halloun y Hestenes,

1985ab, Beichner, 1996)

Sobre las preconcepciones en cinemática un ejemplo muy conocido es la pregunta de Gunstone y White, (1981) a estudiantes universitarios de física sobre la aceleración de la caída libre de los objetos; ellos argumentan: "la gravedad aumenta al acercarse a la superficie de la tierra, de modo que los objetos al caer adquieren mayor fuerza y en consecuencia se mueven más rápido". De forma similar Viennot (1979) afirma que los estudiantes interpretan el movimiento circular como ejemplo de una situación de equilibrio, y ésta los condujo a inventar una fuerza centrífuga exterior de contrapeso de la fuerza centrípeta interna. Por otra parte Beichner, (1994) señala que los estudiantes de secundaria y bachillerato tienen problemas para identificar la diferencia entre posición, velocidad y aceleración. Es común la afirmación de que la misma posición de dos móviles significa que tienen la misma velocidad. (Trowbridge y McDermott, 1981; McDermott, Rosenquist y Van Zee, 1987). Los estudiantes también suelen afirmar que la velocidad depende únicamente de la partícula en movimiento y es independiente del observador. (Aguirre, 1988)

Una de las interpretaciones más persistente en los estudiantes de secundaria y bachillerato es la asociación fuerza movimiento; es decir, que el movimiento constante requiere una fuerza constante. (Gunstone y Watts 1985; Clement, 1982, 2000; Pozo, 1999) por lo que una velocidad constante es el resultado de una fuerza constante. Asimismo si un objeto no se mueve no hay fuerzas actuantes. (Gunstone y Watts, 1985). La dirección de un objeto implica una fuerza en la misma dirección del movimiento. (Viennot, 1979, White y Horwitz, 1987; Martín y Benarroch, 1994; Carrascosa, 2005).

Estas preconcepciones o ideas intuitivas están asociadas con una metodología

caracterizada por la certidumbre, por la ausencia de dudas y la no consideración de soluciones alternativas, por respuestas muy rápidas y seguras basadas en las evidencias del sentido común, propias de un momento conceptual donde las complejas leyes del movimiento son incipientes.(Minstrell, 1982; Wheatley, 1991; Halloun y Hestenes, 1985; Champagne, Klopfer y Anderson, 1980)

En el aprendizaje de los principios newtonianos de cinemática y dinámica se antepone este filtro conceptual que constituye un cuerpo de conocimientos estable y persistente que refiere la lógica del razonamiento científico en los estudiantes desde secundaria a universidad. Para Hestenes, 1985, 1998 existen tres momentos conceptuales que van desde las preconcepciones a los principios científicos:

- Momento conceptual I. El pensamiento de los estudiantes no establece diferencias entre los conceptos de aceleración y velocidad; ausencia de un concepto vectorial de velocidad; creencia de que hay otras influencias del movimiento, además de las fuerzas; no identifican los agentes pasivos y activos de las fuerzas en los objetos
- Momento conceptual II. Los estudiantes han desarrollado un concepto coherente de dinámica; incluyendo el concepto vectorial de velocidad, aceleración y fuerza.
- Momento conceptual III. se encuentran los estudiantes que manejan adecuadamente los principios newtonianos incluyendo la comprensión de la Tercera Ley del movimiento.

El eje de este trabajo es la hipótesis donde el tratamiento – diseño instruccional “El movimiento de los cuerpos” tiene la posibilidad de promover la comprensión de los conceptos de cinemática y dinámica en los estudiantes de segundo de secundaria:

1. Aunque el pensamiento de los estudiantes difiere sustancialmente de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos, las animaciones como los applets pueden favorecer la comprensión en el aprendizaje de la física newtoniana.
2. Si el tratamiento – diseño instruccional “El movimiento de los cuerpos” se desarrolla con los principios del aprendizaje significativo y el aprendizaje cooperativo es posible obtener diferencias significativas en el grupo experimental.

La puesta en práctica del diseño–instruccional interactivo–web "El movimiento de los cuerpos" se fundamenta en que el aprendizaje de la física puede ser significativo para los estudiantes si el movimiento parabólico, aceleración de un auto, la trayectoria circular de un objeto o el choque de dos partículas se realiza a través de experimentos virtuales en tiempo real. (Thornton y Sokoloff, 1998; Beichner, 1993, 1996; Waldegg, 2002) Los experimentos virtuales son reproducibles cuantas veces se desee, el estudiante puede ver, comentar, llegar a conclusiones y decidir cual es la causa del movimiento. El diseño instruccional se compone desde animaciones muy simples como la caída de una pelota hasta el manejo de la máquina de Atwood controlando el tiempo, la velocidad y aceleración del movimiento.

El diseño instruccional "El movimiento de los cuerpos" ha sido elaborado ex profeso por el autor de este trabajo de investigación como alternativa a las prácticas tradicionales de la escuela secundaria participante. Para ello recurrió a laboratorios virtuales como IbercajaLab que otorgó una clave de acceso a sus animaciones que son muy adecuadas para estudiantes de secundaria; en otros casos se dio un sentido educativo a animaciones que fueron realizadas desde la mecánica clásica como es el caso de las animaciones de Fendt. ¿Por qué se optó por sistemas animados? Desde la aparición de internet la enseñanza de la física tuvo un giro sustancial en tanto que se han aprovechado al

máximo sus posibilidades para favorecer la comprensión de los estudiantes; a la fecha no es posible hablar de innovación en el aprendizaje de la física sin referir los experimentos virtuales. En cuanto al entorno didáctico se partió de que las leyes del movimiento pueden ser interesantes y significativas para los estudiantes si expresan sus hipótesis cognitivas con los demás; el intercambio de ideas es un postulado del aprendizaje cooperativo donde el diálogo es una variable decisiva en la construcción del conocimiento. (Mazur, 1997)

Temas que integran el diseño instruccional interactivo – web “El movimiento de los cuerpos”

1. El movimiento como cambio de lugar en función del tiempo.
2. Movimiento rectilíneo y su representación gráfica.
3. Velocidad y su representación gráfica.
4. Vectores.
5. Aceleración y su representación gráfica.
6. Caída libre de los cuerpos.
7. Experimentos de Galileo.
8. Fuerza y movimiento.
9. Choques.
10. Fricción, explicación de sus consecuencias.
11. Las leyes de Newton.

Cada tema se estructura en tres momentos:

- a) Diálogo sobre las ideas iniciales con que los estudiantes interpretan los conceptos de mecánica.
- b) Presentación en power point (ppt) de los principios de mecánica a través

de gif fijos y animados, dando prioridad a los segundos.

- c) El tercer momento se forma de animaciones ejecutables en plataforma java en las que es posible controlar el movimiento y la introducción de variables como la posición de un observador o la velocidad de un móvil.

Asimismo, el diseño instruccional se desarrolla en un ambiente de aprendizaje cooperativo; el aprendizaje cooperativo desarrolla habilidades para la comprensión de los conceptos de mecánica. (Onrubia, 1997; Palmer, 1997) El trabajo en el laboratorio de física se realiza en pequeños grupos heterogéneos de forma que los estudiantes puedan dialogar cara a cara y formular cuestionamientos al investigador participante que es quien lleva la secuencia de las actividades.

La valoración de los conceptos newtonianos tanto en el grupo control como experimental se realiza a través del test Force Concept Inventory (FCI) en la versión 1995 de Halloun, Hake y Mosca que contiene 30 ítems en el formato de lápiz y papel. Para el posttest se aplicó la versión adaptada por Cristian y Belloni (2001) en presentación interactiva–web donde las preguntas son animadas a través de applets.

Los datos se organizan en seis dimensiones conceptuales sobre mecánica clásica: cinemática, primera ley, segunda ley, tercera ley, principio de superposición y clases de fuerzas. Esta clasificación ha sido adaptada de Hestenes, Wells y Swackhamer (1992) autores del FCI.

Como prueba de hipótesis se aplicó el estadístico t de Student para muestras relacionadas.

Tabla 1

Prueba t de Student en muestras relacionadas por dimensión conceptual en el T1 y T2.

Dimensiones Conceptuales	T1		T2	
	t	Sig-bi	t	Sig-bi
Cinemática	1.4540	0.3367	3.2707	0.1075
Primera Ley	1.3701	0.3457	3.2131	0.0547
Segunda Ley	0.7642	0.5298	2.8092	0.1426
Tercera Ley	0.5235	0.6537	2.3377	0.0630
Princ. Superp.	0.9876	0.4428	1.7052	0.2348
Clases de fuerzas	0.5620	0.6080	2.3328	0.0812

Con estos resultados se aceptan las hipótesis experimentales en las dimensiones conceptuales “Primera Ley”, “Tercera Ley” y “Clases de Fuerzas”. En las dimensiones conceptuales “Cinemática” y “Segunda Ley” la aceptación es moderada por ser bajo el nivel de significatividad. En la dimensión conceptual “Principio de Superposición” se acepta la hipótesis nula por no existir diferencias significativas entre los grupos.

Referencias Bibliográficas

Aguirre, J. M. (1988). Student preconceptions about vector kinematics. *The Physics Teacher*, 26, 212–216.

Beichner, R. (1993). The development of a graduate class on hypermedia issues in education. *Education of Teachers Review*, 1(1), 12 – 17.

_____ (1994). Testing student understanding of kinematics graphs. *American*

Journal of Physics, 62, 750 – 762.

- _____ (1996). The impact of video motion analysis of kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64, 1272–1277.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad. (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Clement, J. (1982). Student's preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66–71.
- _____ (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053.
- Crouch, C. H. y Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.
- Champagne, A., Klopfer, J. y Anderson, E. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074–1079.
- Christian, W. y Belloni, M. (2001). *Physlets: Teaching Physics with Interactive: Curricular Material*, Prentice Hall.
- Duit, R. (1994). *Conceptual change. Approaches in science education*. Symposium of Conceptual Change. University of Jena, Alemania.
- Escudero, C; Moreira, M. A. (2002b). Resolución de problemas de cinemática en el nivel medio: estudio de algunas representaciones. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 2(3), 5-25.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en educación secundaria*. ICE/MARSORI. Barcelona.
- Giordan, A. (2002). Enseñar ciencias por la mirada del mundo que ellas permiten. Entrevista a André Giordan. *Revista Novedades Educativas*, 14(44).

- Gunstone, R.F. (1987). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55, 691–696.
- Gunstone, R. F. y Watts, D.M. (1985). Force and motion. En: R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science* (pp. 84–104), Milton Keynes, Philadelphia, EE. UU.
- Gunstone, R. F. y White, R. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291–299.
- Halloun, I., Hake, R. Mosca, E. P. (1995). Force Concept Inventory. *American Journal of Physics*, 79 (11), 1043 – 1005.
- Halloun, I., Hestenes, D. (1985a). The initial Knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1043 – 1005.
- _____ (1985b). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1056–1065
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*. 55, 440-454.
- _____ (1995). What do graduate oral exams tell us? *American Journal of Physics*. 63, 1069-1073.
- _____ (1998). Who needs physics education research? *American Journal of Physics*. 66, 465-467.
- Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *Physics Teacher*, 30(3), 141 – 151.
- Marín, N. y Benarroch, A. (1994). A comparative study of Piagetan and constructivist work on conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 16(1), 1–15
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall.

- McDermott, L. S., Rosenquist, M. L. y van Zee, E. H. (1987). Students difficulties in connecting graphs and physics: examples from kinematics. *American Journal of Physics*. 55, 503–513.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the at rest condition of an object. *Physics Teacher*, 20, 10–23.
- Moreno, L. E. y Waldegg, G. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿coincidencias o complementariedad? *Enseñanza de las Ciencias*. 16(3), 421–429.
- Pozo, J. I. (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra*.
- Thornton, R.K. y Sokoloff, D.R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics*, 66, 338–352.
- Trowbridge, D. E. y McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*. 49, 242–253.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205–221
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4(1).
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9–21.
- White, B. y Horwitz, P. (1987). *Thinker tools: Enabling children to understand physical laws*. BBN Laboratories Report. Cambridge, M. A.: BBN.