



## Factibilidad de transformación de ideas previas sobre fuerza dirigida con concepciones asociadas a la aceleración

J.R. Martínez<sup>1</sup>, y P. Suárez-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 78000 San Luis Potosí, S.L.P., México (flash@fciencias.uaslp.mx)

<sup>2</sup> Coordinación Académica Región Huasteca Sur, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Avenida Morelos 412, Barrio del Carne, 79960, Tamazunchale, S.L.P., México

### INFORMACIÓN

Recibido: 10 de febrero 2017

Aceptado: 28 de febrero 2017

### PALABRAS CLAVES

Aceleración

Fuerza

Aprendizaje

Propuesta didáctica

### RESUMEN

Se analiza la factibilidad de utilizar a la aceleración como vía para transformar las ideas previas sobre el concepto de fuerza, a fin de realizar una propuesta de un curso donde se conceptualiza a la aceleración como medida de la intensidad en un proceso de interacción. Para el análisis se seleccionaron grupos que, por un lado, fueron sometidos a enseñanza en base a proyectos en donde se enfocaron al análisis de problemas reales asociados a accidentes y, por otro lado, grupos que se han sometido al proceso tradicional de enseñanza, con currículo centrado en el contenido; ambos grupos de un curso de física universitaria y similares en cuanto a aprovechamiento y desarrollo cognitivo. De los resultados inferimos que la futura propuesta es viable y puede ayudar a mejorar el proceso de aprendizaje, así como ayudar a la erradicación de ideas previas asociadas al concepto de fuerza.

### Introducción

El concepto de fuerza es un concepto fundamental para la estructura conceptual de la mecánica lo que se refleja en el alto número de estudios que sobre la comprensión del concepto de fuerza se han realizado [1-22].

La mayoría de los problemas detectados en estudios de problemas de aprendizaje, asociados a la enseñanza de la mecánica tiene que ver con el uso incorrecto o inconsistente de los conceptos asociados, aún cuando se logre la resolución correcta de problemas obtenido con el uso de estrategias instruccionales diversas. Lo anterior

como consecuencia de una de las principales dificultades en la enseñanza de la física, como lo es la presencia de ideas previas que alteran la comprensión de conceptos científicos.

En el caso del movimiento un error recurrente es el de asociar una fuerza al movimiento, así todo movimiento implica una fuerza [4]. Consideramos que una inadecuada conceptualización de la aceleración soporta las ideas erróneas de conceptos asociados como el de fuerza, que es uno de los problemas recurrentes en la enseñanza de la mecánica.

En la mayoría, bien podría ser en la totalidad, de los cursos introductorios de física, es común

introducir a la aceleración utilizando una definición operacional; así, es comúnmente definida como una cantidad física que mide el cambio de la velocidad en un intervalo de tiempo. Todo esto muy al principio del curso siguiendo el camino clásico de ver primero cinemática y posteriormente la dinámica.

Si bien las definiciones operacionales son útiles, en cuanto a los procesos de medición, principalmente en mediciones indirectas, así como para definir unidades derivadas, en términos conceptuales pueden conducir a obstáculos en el aprendizaje de la física o en el mejor de los casos no contribuir a la transformación de ideas previas en conceptos de mecánica.

De igual forma su empleo conduce a que la resolución de problemas se base en forma exclusiva en el uso de fórmulas propiciando, entre otros aspectos, errores en la interpretación de fenómenos físicos [1,2,3].

A fin de lograr un mejor aprendizaje y comprensión de los conceptos científicos se requiere establecer estrategias que tiendan a transformar las ideas previas que sobre ellos tienen los alumnos.

La transformación de estas ideas previas no son independientes unas de otras, así una posible transformación de ideas previas asociadas con la fuerza puede ser dirigida, por ejemplo, con la transformación de concepciones asociadas con la aceleración. Para que esto pueda suceder se hace necesario enfocarse en el aprendizaje del concepto de aceleración, estableciendo y diseñando estrategias fuera de la simple definición operacional, inclusive fuera del aspecto de "efecto", producido por la aplicación de una fuerza, como suele enseñarse a través de la segunda ley de Newton, que en algunos tratamientos no deja de ser una definición operacional con sus respectivas limitaciones.

Una posible vía es la de usar a la aceleración como medida del proceso de interacción, esto es, una medida de la intensidad de la interacción. Aspecto del que poco se enfatiza en la mayoría de los libros de texto y por lo mismo en los cursos de

física general, a nivel universitario. Basado en los resultados del presente estudio, está en proceso el diseño de un curso con este enfoque.

En este trabajo se explora la factibilidad y las condiciones mediante las cuales puede dirigirse un curso de introducción a la física a nivel universitario, en donde el énfasis sea el de introducir de manera adecuada el concepto de aceleración, a fin de que el resto de los conceptos asociados, como el de fuerza, pueda comprenderse y ser erradicadas las ideas previas asociadas a la fuerza, para lo cual en este trabajo se revisa y discute el aprovechamiento de estudiantes sometidos a estrategias de enseñanza, en las cuales por una parte, se basan en aspectos cercanos a su cotidianidad aunado a enseñanza basada en proyectos, y por otra parte a estudiantes en un proceso tradicional de enseñanza utilizada en la mayoría de los cursos de física universitaria.

## Hipótesis y Metodología

Entre los principales objetivos que luego se persiguen en la enseñanza de temas de mecánica, se encuentra el de transformar las ideas previas que acerca de la fuerza tienen los estudiantes. Ante tales transformaciones se han detectado toda una serie de factores que están en íntima relación [5].

Entre los factores que intervienen en estas transformaciones está el de contexto [6]. El cual es un factor importante pues las conductas que desencadenan la resolución de problemas vienen a estar impregnadas de una serie de rutinas descontextualizadas que promueven el aprendizaje memorístico más que la oportunidad de indagar en la comprensión del contenido científico [7].

Entre las sugerencias para el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje para enseñar el concepto de fuerza se considera, entre otras, el de hacer hincapié en su utilidad para resolver problemas cotidianos [6], por lo que aplicar problemas como el de los accidentes de tránsito podría contribuir en este sentido.

La orientación tradicional en la enseñanza de mecánica, independientemente de las estrategias utilizadas, comienza con aspectos de cinemática para continuar con los de dinámica e introducir sus leyes bajo el marco de las leyes de Newton. Su enseñanza deriva en aprendizajes que poco cambian la situación del estudiante al comenzar y al concluir el curso [1-3,8-10].

Si bien es necesario utilizar nuevos enfoques que logren un cambio conceptual en los temas de mecánica, ciertas estrategias relacionadas con contextos de muy cercana aplicación con la cotidianeidad pueden contribuir a estos cambios.

En este trabajo se estudia cómo incide en el entendimiento de problemas de la mecánica temas muy cercanos a su cotidianeidad, en estudiantes que se han sometido a la enseñanza basada en proyectos, y en particular, cómo estos alumnos conceptúan la aceleración en términos de medida de intensidad de una interacción. Sin orientar el curso ni el proyecto al objetivo preciso de asimilar la aceleración como medida de la interacción, se evalúa la forma en que estudiantes que desarrollaron un proyecto de física relacionado con accidentes conciben la aceleración, comparados con grupos sometidos a un curso tradicional en el que han visto, estudiado y resuelto problemas asociados con aceleración.

Para evaluar lo anterior se seleccionaron dos grupos de primeros años de enseñanza universitaria; el primero, llamado Grupo 1, fue un grupo que fue sometido a aprendizaje basado en proyectos con solución de problemas reales, específicamente el caso de accidentes automovilísticos, cuyo objetivo fue el que el estudiante identificara la física presente en los accidentes automovilísticos, situado en escenarios no académicos, y realizaran mediciones de problemas fuera del libro de texto; el segundo, Grupo 2, un grupo regular sometido a un esquema de enseñanza tradicional, basada en libros de texto, en un currículo orientado al contenido, en donde la evaluación del curso es en base a exámenes parciales en donde se privilegia la inclusión de problemas típicos de final de capítulo. El grupo

seleccionado corresponde a la instrucción de un maestro con experiencia y considerado un buen maestro de acuerdo a sus resultados a lo largo de varios años de servicio, así como a las técnicas de resolución de problemas que utiliza en su curso. En ambos casos los grupos pertenecen a estudiantes de segundo semestre de Ingeniería que cursan la materia de Física A en el Departamento de Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con características cognitivas similares, incluyendo su aprovechamiento. A ambos grupos se les aplicó la prueba *Force Concept Inventory*, tanto al inicio como al final del curso regular [24], que consiste de 29 preguntas, de las cuales explícitamente tres se refieren a aceleración, mismas que se toman para hacer el análisis en este trabajo.

## Resultados y Discusión

Las diferencias esenciales, en cuanto a ámbito de trabajo, entre los Grupos 1 y 2 a evaluar, radica en que el Grupo 1 se situó en casos donde el proceso de interacción era evidente, aunque no se enfocó la discusión en evaluar su intensidad a través de la aceleración, sino en los efectos que estos procesos pueden causar; el estudio y la discusión se planteó como parte de un proyecto.

El aprendizaje basado en proyectos es un modelo de aprendizaje en el que los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula. Estas diferencias ofrecen grandes oportunidades para el aprendizaje y prepararan a los estudiantes para poder enfrentar un mundo globalizado, para ello se requiere de un diseño instruccional definido, definición de roles y fundamentos de diseño de proyectos [25-27]

El Grupo 1, tomado como grupo de análisis, estuvo conformado por 25 alumnos, que habían trabajado en un curso diseñando actividades de aprendizaje individual y colaborativo. Se les dio a conocer los altos índices de accidentes automovilísticos y se les pidió que indicaran a

través de un cuestionario las posibles causas que los originan y su relación con la física.

A lo largo del curso trabajaron en sub-equipos siguiendo actividades planeadas donde tenían que relacionar cada tema con los accidentes de tráfico y diseñar ejercicios donde aplicaran tales conceptos. Cada uno de ellos debía de compartir su información primero con el sub-equipo y posteriormente con el resto del grupo. Finalmente se les pidió calcularan la velocidad máxima a la que podían transitar en una avenida que presenta una curva pronunciada y donde es común la ocurrencia de accidentes fatales.

Determinaron las causas que pudieran originar los accidentes donde principalmente se encuentran: el exceso de velocidad, daños en el camino, cansancio del conductor, consumo de alcohol, llamar por celular o comer mientras se maneja, el no usar el cinturón de seguridad, entre otros. En un principio no mencionaron otros tipos de accidentes pero en la discusión en el aula identificaron como accidente además de los choques entre vehículos los choques vehículo – objeto, atropellamientos, caídas de personas, especialmente menores, en los vehículos y daños a ocupantes por no usar el cinturón sin que hubiera un choque. Cuando se les preguntó sobre qué implicaba el reconocer como accidente a los anteriores se abrió la posibilidad de identificar otras situaciones que requerían de más conceptos de física y la aplicación de otros conocimientos.

Las variables físicas reportadas por los alumnos fueron la velocidad, la fricción, las características de los materiales de los vehículos y el diseño, diferencias de masa entre vehículos, en cuanto a la visibilidad se determina el campo de visibilidad del conductor, características de los espejos y la importancia de las luces tanto las de circulación como las de alto, el uso de reflectores o señales cuando el auto se encuentra detenido.

Para el problema de la velocidad utilizaron métodos geométricos, el google earth, técnicas de topografía y métodos empíricos para resolver el problema, la totalidad de los sub-equipos consideraron a la curva sin peralte y aplicaron las

leyes de Newton. En sus cálculos de parámetros de seguridad, los resultados fluctuaron entre los 6 y 13,8 metros de radio de curvatura y las velocidades entre 10 m/s y 18 m/s. que están cercanos al rango marcado por las autoridades.

El Grupo 2 que trabajó en el esquema tradicional, se sujetó, a lo largo del curso, a cuatro evaluaciones parciales donde se sometieron a resolución de problemas de los temas de cinemática, aplicación de las leyes de Newton, situaciones de conservación de energía y aplicación del teorema de trabajo-energía, conservación de momento lineal y colisiones en dos dimensiones. El 70% del Grupo 2 aprobó el curso regular y dicha muestra se tomó para sujetarse, como grupo de control o de referencia, a la prueba Force Concept Inventory, al igual que el Grupo 1, aplicada al inicio y al final del curso, obteniéndose los siguientes resultados.

De las 29 preguntas, tres de ellas tratan explícitamente a la aceleración. En el grupo de referencia, Grupo 2, al inicio del curso la pregunta uno fue contestada por el treinta por ciento, la dos por el cero por ciento, la tres por el veinte por ciento, mientras que al finalizar las respuestas fueron: para la pregunta uno el 70% de aciertos, la pregunta dos el 30% y la pregunta tres el 10%.

Para el grupo de análisis, Grupo 1, los resultados arrojaron que para la pregunta uno al inicio tuvo 67%, la pregunta dos el cero por ciento, la pregunta tres el 14%, la finalizar los porcentajes fueron el 90%, 50% y el 20% para las preguntas uno, dos y tres, respectivamente.

Como puede verse, los alumnos sometidos al análisis de accidentes a través de proyectos presentan una mayor ganancia, como se esperaba.

En algunas propuesta de enseñanza del concepto de fuerza que rompen con la concepción tradicional de enseñar primero cinemática y posteriormente dinámica, se usa el planteamiento de la segunda ley de Newton como una relación de causa-efecto apareciendo la aceleración como un concepto que es consecuencia natural de la formulación de la segunda ley de Newton en términos del momento. Aquí se infieren que las

fuerzas producen aceleraciones o desaceleraciones según el caso [12].

Finalmente, en este caso, se usa una definición operacional para la aceleración. Si bien presentan una mejora en el factor de Hake, el cual representa una medida de la ganancia posible en cuanto a mejora o adelanto en el manejo de conceptos [28], de 0.25 respecto a un grupo de control, que significa que el grupo experimental aumentó a 82.8% en el promedio de respuestas correctas usando la prueba Force Concept Inventory [23,24], consideramos que estos porcentajes pueden incrementarse si se establecen estrategias para introducir el concepto de aceleración como medida de los procesos de interacción, para lo cual se requiere el diseño de nuevos cursos.

## Conclusiones

De los resultados obtenidos tenemos que el uso de estrategias contextualizadoras y la realización de proyectos con temas muy cercanos a la cotidianidad promueven que el estudiante se familiarice con el manejo operacional de la aceleración y de cierta forma un buen grado de conceptualización. Por lo que los resultados presentados hacen factible que un diseño de curso orientado a enfocar el concepto de aceleración como medida de intensidad en un proceso de interacción, ayudaría a facilitar la comprensión de los principales conceptos ligados al estudio de la mecánica, como el concepto de fuerza.

## Referencias

- [1]. Clement, J., *Students' preconceptions in introductory mechanics*, Am. J. Phys., **50**, 66-71 (1982)
- [2]. McDermott, L. C., *Bridging the gap between teaching and learning: The role of research*, AIP Conference Proceedings **399**, 139-165 (1997)

- [3]. Sebastia, J. M., *Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes*, Enseñanza de las Ciencias **2**, 161-169 (1984)
- [4]. Pozo, J. I., *La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad*, Infancia y Aprendizaje **38**, 69-87 (1987)
- [5]. Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H., *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, (Editorial Trillas, México, 1983)
- [6]. Mora, C., Herrera D., *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*, Lat. Am. J. Phys. **72**, 3 (2009)
- [7]. Martínez J.R., Araujo-Andrade, C, Palomares-Sánchez, S.A., y Ortega-Zarzosa, G., *Análisis del grado de conocimiento declarativo y procedural de estudiantes en cursos de física universitaria*, Rev. Mex. Fís. E, **52**, 142 (2006)
- [8]. Gil, P. D. y Guzmán, O. M., *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e Innovaciones*, (Editorial Popular, Madrid, 2001)
- [9]. Meneses, J., Patiño, A. y Mejía, H., *Preconceptos y Conceptos erróneos del movimiento de los cuerpos en docentes que enseñan física en el departamento del César*, (Universidad Popular del Cesar, Colombia, 1995)
- [10]. Gómez, G. J. A. y Insausti, T. M. J., *Un modelo para la enseñanza de las ciencias: análisis de datos y resultados*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **4**, 1-20 (2004)
- [11]. Amengual, A., *¿Qué cuesta más, detener una pelota o un camión?*, Revista Española de Física **15**, 38 (2001)
- [12]. Lara-Barragán Gómez, A., *Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de fuerza y trabajo*, Lat. Am. J. Phys. **2**, 253 (2008)
- [13]. Halloun, I. A. and Hestenes, D., *The initial knowledge state of college physics students*, American Journal of Physics **53**, 1043-1055 (1985).
- [14]. Hestenes, D. and Wells, M., *A mechanics baseline test*, The Physics Teacher **30**, 159-166 (1992).

- [15]. Knight, R., *The Vector Knowledge of Beginning Physics Students*, *The Physics Teacher* **33**, 74-80 (1995).
- [16]. Knight, R., *Five Easy Lessons. Strategies for Successful Physics Teaching*. (Addison Wesley, San Francisco, USA. 2004)
- [17]. Jewett, J. W., *Energy and the confused student I: Work*, *The Physics Teacher* **46**, 38-43 (2008).
- [18]. I. Halloun and D. Hestenes, *Common-sense concepts about motion*, *Am. J. Phys.* **53**, 1056 (1985)
- [19]. M. Steinberg, D.E. Brown, and J. Clement, *Genius is not immune to persistent misconceptions: conceptual difficulties impeding Isaac Newton*, *Int. J. Sci. Educ.*, **12**, 265 (1990)
- [20]. L. McDermott, *Research on conceptual understanding in mechanics*, *Phys. Today* **37**(7), 24 (1984)
- [21]. A. Arons, *A guide to introductory physics teaching* (Wiley, New York, 1990)
- [22]. D. Hestenes, *A modeling theory of physics instruction*, *Am. J. Phys.*, **55**, 440 (1985)
- [23]. Redish, E.F. and Steinberg, R.N., *Teaching physics: figuring out what works*, *Physics Today* **52**, 24 (1999)
- [24]. Hestenes, D. Wells, M. and Swackhamer, G., *Force concept inventory*, *The Physics Teacher* **30**, 141 (1992)
- [25]. Galeana de la O, L., *Aprendizaje basado en proyectos*, Universidad de Colima.
- [26]. De Moura, C., *Education in the Information Age*, (Inter-American Development Bank 1998)
- [27]. Dreves, C., Parra, E., Campos, M. y Flores, L., *Implementando aprendizaje cooperativo a través de una simulación de un proyecto colaborativo vía e-mail en la sala de clases*, *Informática Educativa*, Uniandes-Lidia, Bogotá **10**, 183-190 (1997)
- [28]. Hake, R. R. *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. *Am. J. Phys.*, **66**(1), 64-74 (1998).