

Enseñanza de la física universitaria a través de proyectos: el motor de Stirling

Diana E. Tuyarot¹, Irene Arriasecq²

¹Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Rua Bernardo Mascarenhas 1283, Fabrica, Juiz de Fora-MG, Brasil.

²Grupo de Investigación en Educación en Ciencias con Tecnologías, Departamento de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As., Argentina, CONICET

E-mail: diana.tuyarot@gmail.com

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Resumen

En este trabajo se presenta la estrategia implementada en la materia Física II para estudiantes de ingeniería mecatrónica del IFSEMG, campus Juiz de Fora. La metodología utilizada fue enseñanza de física a través de proyectos en el marco de la teoría de la enseñanza para la comprensión. En el bloque de termodinámica se abordó el estudio, construcción y presentación del motor de Stirling. El trabajo está fundamentado en basta literatura y varias experiencias desarrolladas por uno de los autores que indicarían que el aprendizaje para la comprensión mediante la enseñanza por proyectos es un camino posible. El resultado más significativo fue que los estudiantes se involucraron en el proyecto con entusiasmo y motivación y valoraron de forma positiva la estrategia didáctica implementada a la vez que consideraron que sería positivo que en otras disciplinas se trabajara de la misma manera.

Palabras clave: Enseñanza de la mecánica, Enseñanza mediante proyectos, Enseñanza para la comprensión.

Abstract

This work show the strategy implemented in Physics II for undergraduates of mechatronics engineers of IFSEMG in Juiz de Fora campus. The methodology used was teaching physics through projects in teaching for understanding frame. The theme developed was: study, construction and presentation of the Stirling machine. The objective was studying of thermodynamics. The work is based in enough literature and several experiences developed by the Professor showing that active learning and teaching by projects is a possible way. The result was a great involvement by the students and generating enthusiasm proposals more similar activities.

Keywords: Teaching of mechanics, Project-based learning, Teaching for understanding.

I. INTRODUCCIÓN

Varios grupos de investigación en enseñanza de la física y también muchos profesores, en diversos países, preocupados por la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina y por la permanencia de los estudiantes en las carreras, proponen y desarrollan estrategias para estimular el aprendizaje de la física con el objetivo que los estudiantes se involucren con la materia y reflexionen acerca de su propio aprendizaje y cómo éste está siendo realizado. Dentro de las diversas perspectivas teóricas que contemplan estos aspectos, se ha adoptado la teoría del aprendizaje para la comprensión. La comprensión se concibe como la capacidad de usar el propio conocimiento de maneras novedosas. Enseñar para la comprensión involucra a los alumnos en desempeños de comprensión. Una pedagogía de la comprensión debe abordar cuatro preguntas clave: 1. ¿Qué tópicos vale la pena comprender? 2. ¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos? 3. ¿Cómo podemos promover la comprensión? 4. ¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos? El proyecto de investigación colaborativa sobre Enseñanza para la Comprensión (EpC) desarrolló una forma de responder estas preguntas en un marco de cuatro partes. Sus elementos son: tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua. Cada elemento centra la investigación alrededor de una de las preguntas clave: define qué vale la pena comprender identificando tópicos o temas generativos y organizando propuestas curriculares

alrededor de ellas; clarifica lo que los estudiantes tienen que comprender articulando metas claras centradas en comprensiones clave; motiva el aprendizaje de los alumnos involucrándolos en desempeños de comprensión que exigen que éstos apliquen, amplíen y sintetizen lo que saben, y controla y promueve el avance de los estudiantes por medio de evaluaciones diagnósticas continuas de sus desempeños, con criterios directamente vinculados con las metas de comprensión (Stone Wiske, 1999). Esta perspectiva promueve un aprendizaje significativo (Moreira, 2010), la formación de profesionales reflexivos, activos y también es compatible con las metas determinadas por los ministerios además de intentar disminuir y evitar el abandono (Huber, 2008; Di Paolo, 2012; Watkins, 2013).

La enseñanza por proyectos se mostró como una estrategia que permite al estudiante involucrarse de forma activa (Pessoa, 2010; Tuyarot, 2010). En particular, en la enseñanza de física para ingenieros las estrategias centradas en aprendizaje activo proporcionan un grado de aprendizaje mayor (Consoni, 2007).

La preocupación por formar para la ciudadanía y la futura actuación en sociedad, en los documentos brasileños, propone la incorporación de la enseñanza por investigación y el abordaje CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) (PROENFIS, 2014).

En este trabajo se presenta el desarrollo de un tema de termodinámica que forma parte de la materia Física II para ingeniería mecatrónica. La misma se desarrolla en el tercer semestre de la carrera.

Esta materia es presentada a los alumnos de forma teórico-práctica. Estudios realizados por Vanderli Oliveira indican que esto no sería suficiente para asegurar que el futuro ingeniero podrá desenvolverse según las exigencias del mercado (Oliveira, 2002). Según el autor, hay que superar la *dicotomía teoría-práctica* en la enseñanza de ingeniería introduciendo una tercera dimensión, que es la *contextualización* del conocimiento. Desde esta perspectiva, en este trabajo se relata cómo se contextualiza el conocimiento para aprender máquinas térmicas. Se eligió, por este motivo, el estudio de motores, en particular el motor de Stirling.

A continuación se presentan los criterios que guiaron el diseño de las actividades, el tema elegido, discusión en el aula y la evaluación del tema y de la materia realizada por los estudiantes.

II. METODOLOGIA

Considerando la teoría del aprendizaje significativo (Moreira, 2010) que propone incentivar la curiosidad del alumno y permitir la interacción y el diálogo, se desarrolló la propuesta didáctica través de la enseñanza por proyectos.

Según Pella, citado por Pessoa (2007), el grado de independencia intelectual que se promueve en los estudiantes influye en el resultado y los clasifica en grados de I a V. Nuestra propuesta se corresponde con el grado VI de la tabla de Pella donde el profesor indica el problema y el grupo de alumnos se responsabiliza por el trabajo intelectual y operacional.

Las etapas que componen el trabajo, sugeridas también por Pessoa, son: propuesta del tema; solución planteada por los alumnos; presentación; explicación; realización de un informe. Agregamos una fase más correspondiente a la evaluación que consiste en una autoevaluación acerca del trabajo desarrollado y un análisis de la materia en general realizada por todos los alumnos.

El trabajo fue organizado desde la primera mitad del semestre para permitirle al grupo suficiente tiempo para organizar la búsqueda bibliográfica, elaborar la presentación y construir el prototipo solicitado.

III. ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Propuesta del tema

La materia Física II abarca los tópicos gravitación, elasticidad, fluidos, ondas y termodinámica. Los libros básicos que se utilizan son Tipler (2004), Sears (2003) y Resnick (2009). En particular, el estudio de motores, rendimiento y ciclo de Carnot, por ser uno de los temas de final de semestre queda a veces resumido a su definición y resolución de problemas de lápiz papel. Se llega a explicar de forma detallada el motor de combustión interna por ser el ejemplo más “tangible” que puede ser mostrado a los estudiantes. Sin embargo, la materia es cursada por futuros ingenieros y la pretensión, como ya se ha comentado, es contextualizar el contenido. Por esta razón, se propone a los alumnos la construcción del motor de Stirling.

La máquina de Stirling es un motor de combustión externa. Stirling propuso la misma en 1816, en plena revolución industrial, antes que Carnot propusiera el ciclo ideal y del desarrollo de las leyes de la

termodinámica. El ciclo de la máquina de Stirling se muestra en la figura 1. Su máquina tuvo gran relevancia ya que fue utilizada para desarrollo de automóviles y naves espaciales (Resnick, 2009).

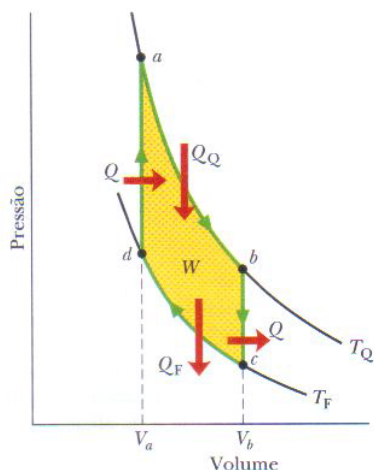


FIGURA 1. Ciclo de la máquina de Stirling.

Este motor está constituido por dos cámaras, que están a diferentes temperaturas, que calientan y enfrían un gas de forma alternada. Esto provoca expansión y contracción cíclicas lo que hace mover los émbolos ligados a los ejes. La máquina de Stirling utiliza el gas como fluido de trabajo; en particular en el prototipo del grupo fue utilizado aire.

Existen tres modelos para la construcción de este motor según la disposición de los cilindros y pistones. Son llamados Alfa, Beta y Gama. El modelo elegido fue la configuración Gama.

B. Solución planteada por los alumnos

En esta fase, el profesor fue un observador del trabajo e intentó no interferir. Después de comunicarles la propuesta y el tema a los seis alumnos que participaron, decidieron formar solamente un grupo e hicieron la distribución de las tareas que les fueron solicitadas. Esas tareas incluyeron: estudio del tema, realización de un informe, construcción del prototipo, presentación en sala de aula utilizando diferentes recursos (pizarrón, transparencias, diapositivas, videos u otras a su elección).

Se resolvió que irían a trabajar fuera de los horarios de clase en la biblioteca y en lugares donde pudieran construir el prototipo.

C. Presentación

Para esta fase se escogió el mismo día de la última evaluación de la materia y participaron de la presentación todo el resto de los compañeros y el profesor. Esta fase es importante dado que es el momento de socialización del conocimiento adquirido, por eso mismo tiene que constituirse en un momento especial donde todos los alumnos y profesor participen.

La presentación tuvo tres partes. En la primera, realizaron la presentación teórica del motor de Stirling. Eligieron para presentar la parte teórica un software llamado "Prezi". A medida que iban desarrollando el contenido todos iban participando de la descripción. En la segunda parte, mostraron el prototipo funcionando y en la tercera fase posibilitaron a los compañeros hacer preguntas.

El modelo de motor elegido fue la configuración Gama y el prototipo fue construido con material reciclable y de bajo costo. La figura 2 muestra el prototipo final en funcionamiento.



FIGURA 2. Prototipo construido por los alumnos.

D. Explicación

Los alumnos mostraron el motor en funcionamiento, explicaron su construcción y relataron las dificultades encontradas durante la misma. Dijeron que en los primeros test no conseguían hacer funcionar el motor y que no sabían el motivo.

Encontraron varias perdidas y no conseguían que el pistón encaje bien en el cilindro de presión. La llama del calentador a alcohol que estaban usando no era suficiente para calentar y mover el motor. No sabían el tamaño ideal del pistón auxiliar y la mayor dificultad fue dejar que la leva girara libremente.

F. Informe

El informe solicitado consistió en un relato de experiencia como es usual en los laboratorios de física. En ese informe se detalló todo el proceso desarrollado desde el inicio del trabajo. Fue redactado de acuerdo con las normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) y constó de: portada; índice; introducción; teoría; parte experimental descriptiva; montaje; discusión; conclusión y bibliografía. Se orientó a los alumnos en la utilización de lenguaje científico.

El grupo presentó ese informe de forma adecuada y, además de relatar las dificultades ya comentadas en la sección anterior, manifestaron que percibieron que una adecuada comprensión de los aspectos prácticos de la materia ayuda a los diversos profesionales. Piensan que

“el motor de combustión externa es un excelente modelo para entender termodinámica pues todo su funcionamiento relacionado con máquinas térmicas facilita la visualización de lo que ocurre con gases y fluidos ante variaciones de volumen y temperatura” (Traducción del autor).

G. Evaluación

Los alumnos que no participaron del proyecto del motor realizaron una prueba que consistió en la resolución de problemas escogidos de los libros utilizados para la materia y la interpretación del film “Kenoma” de Eliane Caffé en el contexto de la termodinámica.

Por último, fue presentada para todos los alumnos la tabla correspondiente a la autoevaluación (Tabla D). Esta consistió en preguntas relacionadas con la forma de estudiar la materia y la intención es obtener una reflexión acerca de lo que cada uno podría continuar haciendo y que podría cambiar en el caso de tener un bajo rendimiento en la materia.

Este momento fue de autoevaluación de los alumnos y de observaciones acerca de las características del abordaje de la materia y de las actividades llevadas a cabo en la misma.

El total de alumnos al comienzo del semestre fue de 35 y después de los ajustes por la coordinación quedaron 27; 24 respondieron a la autoevaluación que se muestra en la Tabla 1. De los 24 alumnos 6 hicieron el proyecto del motor y 18 hicieron la prueba. De la Tabla I podemos destacar que la totalidad de los alumnos se relaciona bien con los compañeros; 58,3% siempre se sintieron cómodos con la participación en clase, haciendo preguntas o elaborando respuestas. Se puede observar también que a pesar de afirmar que la carrera tiene una alta carga horaria muchos alumnos (58,3%) consiguen dedicar tiempo a la materia más allá del horario de clase.

Al final de la encuesta se solicitó a los alumnos que escriban las observaciones que a su criterio aportarían para complementar lo que fue preguntado.

TABLA I: Autoevaluación de los alumnos

Tú,	Siempre	La mayoría de las veces	A veces	Nunca
1- Te sientes preparado para acompañar el contenido de la materia	11 (45,8%)	9 (37,5%)	4 (16,7%)	0
2- Asistes a las clases	5 (20,8%)	16 (66,7%)	3 (12,5%)	0
3- Estudias el contenido usando la bibliografía sugerida por el profesor	17 (70,8%)	7 (29,2%)	0	0
4- Estudias el contenido usando bibliografía extra, no sugerida por el profesor	4 (16,6%)	7 (29,2%)	13 (54,2%)	0
5- Te dedicas a los estudios de las materias más allá del horario de clase	14 (58,3%)	8 (33,4%)	2 (8,3%)	0
6- Te sientes cómodo para participar de las clases haciendo preguntas o elaborando respuestas	14 (58,3%)	4 (16,7%)	6 (25%)	0
7- Te relacionas bien con los compañeros	24 (100%)	0	0	0
8- Buscas a los profesores, fuera del horario de clase, para resolver dudas sobre el contenido de la materia	5 (20,8%)	4 (16,7%)	12 (50%)	3 (12,5%)
9- Has obtenido nota igual o superior al 70% en la evaluaciones	3 (12,5%)	8 (33,4%)	12 (50%)	1 (4,1%)
10- Has participado de otras actividades académicas además de las materias de la carrera	8 (33,4%)	6 (25%)	5 (20,8%)	4 (16,7%) (1 no respondió)
11- Cumples con las actividades solicitadas en la materia	15 (62,5%)	8 (33,4%)	1 (4,1%)	0
12- Participas de las clases desde el comienzo hasta el final	12 (50%)	11 (45,8%)	1 (4,1%)	0

En las observaciones, 13 (54,2%) alumnos no respondieron y el resto, 11 (45,8%) alumnos, se refirieron a la alta carga horaria de la carrera que imposibilita la participación en otras actividades; que fue positivo el uso de simulaciones del site *Phet* y las aplicaciones físicas en ingeniería. (Durante el dictado de la materia son presentadas simulaciones del site *PhET*-Colorado (2002) además de entregar varios artículos donde es utilizada la física para resolver problemas de ingeniería. Otro recurso que es usado son películas que presentan temas de física, como por ejemplo “Kenoma” de Eliane Caffé.)

En relación específicamente a la actividad desarrollada paralelamente, construcción del motor de Stirling, podemos destacar de las observaciones de los alumnos:

“Trabajos como el realizado sobre el motor a combustión externa es un ejemplo de evaluación que, desde mi punto de vista, agrega al conocimiento del alumno pues, hace un paralelo con las materias estudiadas en la carrera.”(Traducción del autor).

Otro alumno expresa la observación proyectando para el futuro de materia,

“Más actividades “concretas” como la del motor de Stirling sería interesante para la materia en los próximos semestres.” (Traducción del autor).

IV. COMENTARIOS FINALES

A partir del ejemplo presentado se puede inferir que enseñar física a través de proyectos se configura en una práctica positiva que permite al alumno involucrarse de forma activa, permite contextualizar el conocimiento presentado y establecer un dialogo entre todos los participantes de las clases promoviendo la comprensión un aprendizaje significativo para el alumno.

Esta forma de enseñar es independiente tanto de la materia que se esté desarrollando como del nivel, ya que puede ser aplicado tanto en la enseñanza secundaria como en la universidad y no depende de la posibilidad de contar con un laboratorio, pues es posible trabajar con material de bajo costo.

Se adecua de forma natural a los requisitos de los documentos oficiales que, en el caso de Brasil, proponen formar para la ciudadanía adquiriendo competencias y a través de una enseñanza fundada en los cuatro pilares de la educación: *aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a convivir y aprender a ser*. (UNESCO, 1999)

Esto tipo de actividades promueve la autonomía y la responsabilidad social y ética además de aumentar la autoestima del participante y el rendimiento académico.

REFERENCIAS

Consonni, D. (2007), Práticas de Eletricidade e Eletronica: Motivando os alunos do 2º ano do curso Engenharia Eletrica para as atividades relacionadas com sua profissão, in *Ensino de Engenharia, Tecnicas para otimização das aulas*, Ed. Avercamp, SP. pp. 195.

Di Paolo, J., Dall' Ava, C. y Monzón, G. (2012). Análisis de las estrategias de enseñanza y de aprendizaje para Física Mecánica en Bioingeniería, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Editorial de la Fundación de la UNRC, (13) 23, pp. 35-44.

Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas, *Revista de Educación*, número extraordinario, pp. 59-81.

Moreira, M. A. (2010). *Aprendizagem Significativa Crítica*, 2ª edição, Editora Plátano: Lisboa.

Oliveira, V. (2002). Teoria, Prática e Contexto no Curso de Engenharia, in *Educação em engenharia: metodologia*, Pinto, D. P. y Nascimento, J. L. Org. Ed Mackenzie – SP, pp. 141.

Pessoa, A. (2011). As Práticas Experimentais no Ensino de Física, en *Ensino de Física*, Ed. Cengage Learning: São Paulo.

PhET - Colorado, (2002) “*PhET Interactive Simulations*”, disponible en, http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics. Acceso 14 de abril de 2013.

Proenfis (2013). *Temas para o ensino de física com abordagem CTS*, disponible en <http://proenfis.pro.br/> acessado em agosto 2013.

Resnick, R. y Halliday, D (2009). *Fundamentos de Física*, 8a ed., vol. 2 – Mecânica LTC: Rio de Janeiro.

Sears e Zemansky (2003). *Física*, 10a ed., vol. 1, Pearson: São Paulo.

Tipler, P. y Mosca, G. (2004). *Física*, 5a ed., vol. 2, LTC: Rio de Janeiro.

Tuyarot, D. E., Moura, E. D. e Viamonte, P., (2010) Ensino de Física através de Projetos: novas práticas para ensinar o funcionamento de dispositivos eletrônicos, *Actas de II ENREDE*, UFScar- SP.

UNESCO (1999). *Educação: um tesouro a descobrir*, 3ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC/UNESCO.

Watkins, J. and Mazur, E. (2013), Retaining Students in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) majors, *Journal of College Science Teaching*, (42) 5, pp. 36-41.

Wiske, M. (1999). *La Enseñanza para la comprensión*. Paidós, Ibérica, S.A.: San Francisco.