

# Momento de torsión con Aprendizaje Activo para estudiantes de edad adulta en el nivel Superior

EDVCAIO PHVSICORVM



ISSN 1870-9095

Carla Kerlegand Bañales<sup>1,2</sup>, Rubén Sánchez Sánchez<sup>2</sup>,  
Elvia Rosa Ruiz Ledezma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de México, Campus Atizapán, Boulevard Calacoaya #7, La Ermita, 52999, Ciudad López Mateos, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Calzada Legaria #694, Colonia: Irrigación, Alcaldía: Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México.

**E-mail:** rbnsnchz@yahoo.com.mx

(Recibido el 2 de febrero de 2021, aceptado el 28 de febrero de 2021)

## Resumen

Este documento contiene un breve estudio sobre la efectividad del Aprendizaje Activo de la Física para estudiantes latinos en edad adulta. Se calcula el factor de ganancia de Hake y se tratan de interpretar los resultados, para que sirvan como muestra de cómo el Aprendizaje Activo puede contribuir a mejorar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre temas relacionados al momento de torsión y momento de torsión resultante.

**Palabras clave:** Mecánica Clásica, Momento de torsión, Aprendizaje Activo, educación para adultos

## Abstract

This document contains a brief study on the effectiveness of Active Physics Learning for Latino students in adulthood. The Hake gain factor is calculated and the results are interpreted to serve as an example of how Active Learning of Physics can contribute to improving the knowledge that students have on topics related to torque, and resultant torque.

**Keywords:** Classical Mechanics, Torque, Active Learning, adult education

## I. INTRODUCCIÓN

En el nivel Superior de educación para la rama de carreras de Ingeniería y en particular para los estudiantes latinos de México, el aprendizaje de los conceptos de momento de torsión y de momento de torsión resultante, son temas de prioridad para la preparación básica de sus pupilos.

En este trabajo vamos a realizar un resumen sobre la eficiencia alcanzada en su aprendizaje por estudiantes adultos de entre 25 y 40 años. Vamos a explorar y analizar los resultados obtenidos en el aprendizaje de los temas ya mencionados anteriormente cuando se aplica el Aprendizaje Activo de Sokoloff [1], utilizando un prototipo didáctico y dos configuraciones diferentes.

El estudio presente se realizó en el Campus Atizapán de la UNITEC en el Estado de México, en su modalidad de carreras de licenciatura ejecutiva.

Describiremos una metodología didáctica de Aprendizaje Activo, basado principalmente en el ciclo PODS, el cual ha sido empleado en Estados Unidos [1, 2] y Laws [3] con mucho éxito.

Como lo muestran varias investigaciones [4], la propuesta de cambiar la enseñanza tradicional por metodologías de enseñanza activa nos va a reeditar en una respuesta en la mejoría de la calidad educativa, permitiendo que los

estudiantes puedan alcanzar unos resultados muy buenos en su aprendizaje final del tema.

Con la finalidad de medir y estimar el progreso de los estudiantes con la metodología activa de aprendizaje, emplearemos el factor de ganancia de Hake [5].

Según Nwosu [6], la población de estudiantes adultos proviene de la necesidad que tienen para buscar un empleo, y en esos trabajos se les pide un nivel de educación mayor al que tienen. Otra razón es que quieren una superación profesional dentro de su carrera, o simplemente desean tener una superación personal.

Según Lorandi *et al.* [7] un laboratorio clásico con equipo físico tiene la gran ventaja de ser interactivo, y permite que el estudiante tenga contacto con un objeto real, lo cual puede ser un incentivo muy importante en el campo educativo. Esta característica, hace muy valorable

Shieh, Chang y Liu [8], explican que los factores motivacionales juegan un papel primordial en el rendimiento de los estudiantes. Así que las ventajas de emplear los instrumentos de un laboratorio físico, puede ser un factor importante, para tener un buen nivel de motivación, ya que el estudiante entra en contacto directo con un experimento real, que puede manejar y ponderar, como él quiera, dentro de los intervalos de parámetros aceptables y seguros.

En este trabajo nos preguntamos cuál será el grado de aprovechamiento y aprendizaje de los estudiantes en edad

adulta, si empleamos una metodología activa, como lo es el Aprendizaje Activo de la Física, con el uso del ciclo PODS, adaptada a la enseñanza del concepto de momento de torsión y con ayuda de un prototipo didáctico armado físicamente, por los mismos estudiantes.

## II. ANTECEDENTES DE APRENDIZAJE

El concepto de aprendizaje activo ha existido desde principios de los años noventa. Aunque el término cubre un amplio espectro de diferentes aspectos, su punto principal es "centrarse en el estudiante". El principal objetivo del aprendizaje activo es colocar el compromiso del aprendizaje en manos de los propios sujetos.

En este siglo, el concepto de aprendizaje activo surge como alternativa en donde los estudiantes aprenden al hacer una tarea o actividad en clase, aplicando el pensamiento crítico y reflexivo en el desarrollo de esta.

Felder y Brent [9] definen el aprendizaje activo como "cualquier cosa relacionada con el curso que todos los estudiantes en una sesión de clase están llamados a hacer, aparte de simplemente mirar, escuchar y tomar notas"

Hay una gran cantidad de estudios sobre los beneficios del aprendizaje activo. La investigación ha demostrado que existe un mayor conocimiento del contenido para los participantes, un desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas, el pensamiento creativo, las habilidades colaborativas e interpersonales; muestran una gran mejora cuando se implementan estos métodos activos.

Sobre la implementación del aprendizaje activo en clases numerosas, Matsushita [10], concluyó que este tipo de aprendizaje tiene un mayor impacto en el dominio de habilidades cognitivas de nivel superior en comparación con habilidades de nivel inferior, en los estudiantes. Puesto que ellos se colocan en el centro del proceso cognitivo, como en la comprensión y la evaluación; estos procesos se encaminan hacia un aprendizaje mejorado y más profundo, mejores calificaciones y menores tasas de reprobación [11, 12].

Después de hacer una revisión en la literatura, sobre aprendizaje activo, Bowel y Eison [13], concluyen que mejora las actitudes de los estudiantes, por lo que citan a Felder et al. [14], el cuál lo recomienda como un método de enseñanza que funciona, reconociéndolo como uno de los Siete principios para las buenas prácticas, considerados por Chickerig and Gamson [15].

Sin embargo, hay investigaciones que muestran, por un lado: que los beneficios sobre su implementación son reducidos [16]. Por otro lado, se presenta resistencia en los estudiantes al aprendizaje activo [17], en tal caso, los autores recomiendan, uso de estrategias por el facilitador para reducir la resistencia de los estudiantes, estas se dividen en dos tipos: estrategias de explicación y facilitación.

Las estrategias de explicación consisten en expresar el propósito, exponer las expectativas del curso y explicar las expectativas de la actividad. Las estrategias de facilitación incluyen: abordar a los no participantes, asumir una conducta alentadora, calificar en participación, caminar por el salón,

invitar a preguntas, desarrollar una rutina, diseñar actividades para la participación, y usar pasos incrementales.

Por otro lado, se recomienda [18] pensar el aprendizaje activo como un enfoque en lugar de un método, lo que permite dar un mejor tratamiento y evaluación de los métodos activos implementados, tal es el caso: aprendizaje, colaborativo, aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en problemas. Por lo que sugieren que esta recomendación tiene doble beneficio: por un lado, permite examinar preguntas puntuales en la implementación de la actividad. Por otro lado, permite enfocarse en una sola técnica de instrucción y en evaluar su eficacia.

Matsushita [10] comenta que el aprendizaje activo comprende solo los métodos de enseñanza que promueven la intervención activa de los estudiantes y el aprendizaje profundo se centra en el contenido y la calidad del aprendizaje. Por lo que su propuesta tiende a un aprendizaje activo profundo, referido al aprendizaje que involucra a los estudiantes con el mundo, como un objeto de aprendizaje mientras interactúan con otros, y los ayuda a conectar lo que están aprendiendo con sus conocimientos y experiencias previas como con sus acciones futuras.

Enseguida presentamos una forma de estimar, que consideramos acorde con el enfoque del Aprendizaje Activo.

## II. LA GANANCIA NORMALIZADA DE HAKE

Una investigación de Hake [5], nos arroja que las estrategias de aprendizaje que utilizan medios interactivos redundarán en que los estudiantes ganen o adquieran capacidades en el terreno de la resolución de problemas. También se espera una mejoría en el nivel de comprensión conceptual de los fenómenos naturales que se estudien en clase. Con el objeto de medir los resultados de eficiencia en el aprendizaje de los estudiantes es necesario establecer y tener en cuenta dos medidas estandarizadas de los conceptos a un tema es específico, una antes de aplicar la metodología didáctica y conocida como pretest y otra posterior al proceso educativo conocida como el postest. La ganancia normalizada de aprendizaje del estudiante se define como se muestra en la ecuación (1).

$$g = \frac{\text{postest\%} - \text{pretest\%}}{100\% - \text{pretest\%}}. \quad (1)$$

Esta medida  $g$  permite estimar la ganancia conceptual de los estudiantes. Existe el siguiente criterio para clasificar los valores

La forma de presentar los temas de momento de torsión y de momento de torsión resultante a los estudiantes es mediante el empleo de imágenes que se explican y con la técnica de lluvia de ideas. De esta forma, los estudiantes pueden tener un momento previo de interacción con los conocimientos generales acerca de estos temas.

Cabe recalcar que el papel del docente en el proceso de enseñanza de los estudiantes, no será solamente de dar una información somera y general, en el principio, pues él también tomará una parte más activa en el proceso del Aprendizaje Activo de la Física, proponiendo a los estudiantes como se

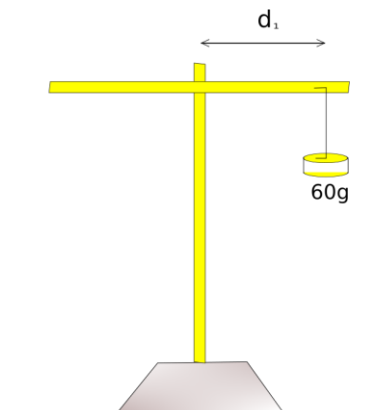
deberán organizar las siguientes actividades didácticas, supervisará las actividades, recogerá y registrará, las llamadas “Hojas de Predicción”, y organizará la forma en como se diseña el prototipo didáctico, propondrá como son sus diferentes configuraciones, y auxiliará a los estudiantes, en caso de que ellos lo requieran, en las diferentes fases del ciclo de aprendizaje PODS. Así el docente es una parte muy importante y activa dentro del Aprendizaje Activo de la Física, y trabajará como guía de su grupo y en conjunto con el grupo, durante todo el ciclo de aprendizaje.

### III. DISPOSICIÓN DEL PROTOTIPO DIDÁCTICO EMPLEADO

Para que los estudiantes puedan realizar las observaciones correspondientes a la Clase Demostrativa Interactiva que llevan con su instructor se dispuso de un prototipo didáctico, dispuesta de dos formas diferentes, para que los estudiantes pudieran anotar sus observaciones y compararlas con las predicciones que previamente, habían hecho en unas hojas dispuestas anteriormente para tal fin.

El objetivo principal, que se tiene con este ejercicio, es que el estudiante, tenga la oportunidad de modificar su forma de pensar y razonar el fenómeno físico, si es que cometió errores en sus predicciones, y si acierta, entonces que pueda desarrollar una explicación posible que pueda explicar el fenómeno observado en cada una de las disposiciones que tenga el prototipo didáctico.

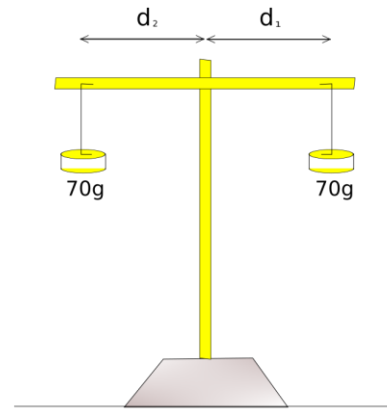
En las figuras 1 y 2 se muestran dos configuraciones empleadas para la experiencia del momento de torsión y momento de torsión resultante.



**FIGURA 1.** Se muestra una configuración o arreglo para el prototipo didáctico de trabajo que se utiliza para realizar una clase Demostrativa Interactiva en la forma sugerida por los profesores estadounidenses Sokoloff *et al.* Aquí el estudiante puede manipular físicamente el material y puede observar el comportamiento del fenómeno estudiado de momento de torsión en forma directa.

Claramente las disposiciones tienen como objetivo poder facilitarle al estudiante, los medios de comprobación del fenómeno en forma directa, y que los estudiantes puedan manipular ambas disposiciones y realizar cambios en las

pesas, para que puedan concluir cómo se comporta el fenómeno de momento de torsión en cada configuración ofrecida.



**FIGURA 2.** Se muestra una segunda configuración o arreglo para el prototipo didáctico de trabajo que se utiliza para realizar una clase Demostrativa Interactiva en la forma sugerida por los profesores estadounidenses Sokoloff *et al.*

En la medida que el estudiante identifique los parámetros físicos necesarios para calcular el momento de torsión, y en la manera que defina este concepto y explique por qué razón se da, y cuál es su comportamiento esperado, es la forma en cómo podemos decir que el estudiante está aprovechando la clase y que está teniendo la ganancia de aprendizaje que queremos. Y todo esto en el contexto de estudiantes adultos que buscan por una razón u otra una superación en sus conocimientos de Mecánica Clásica que involucren fenómenos físicos del momento de torsión.

En la siguiente sección mostramos como el profesor implementa la clase de Física, utilizando el enfoque del Aprendizaje Activo de la Física para los temas de momento de torsión y momento de torsión resultante.

### IV. PRESENTACIÓN DEL MATERIAL AL GRUPO Y TEST DE PRUEBA APLICADO

Los temas de Física que presentará el profesor al grupo son el tema de momento de torsión y momento de torsión resultante. Para este fin, el material que se presenta al grupo es gráfico, así que con el uso de imágenes el profesor describe brevemente estos conceptos, como modo de inicio para preparar el ciclo PODS del Aprendizaje Activo.

Por otro lado, la prueba que se le aplicó al grupo fue una prueba validada (o test validado) conocida en inglés como: Rotational and Rolling Motion Conceptual Survey (RRMCS), el cual consta de 30 preguntas, pero en este estudio se seleccionan a las preguntas 5, 9, 10, 11 y 12 y que se pueden implementar en el proceso de enseñanza con el ciclo PODS.

Para hablar un poco de cómo se llevó a cabo la metodología frente a grupo, vamos a describirlo en torno al ciclo PODS que se utilizó en este estudio.

Se le pidió al grupo que se dividiera en equipos de tres personas. Para la primera fase del ciclo PODS que

corresponde a la “Predicción”, como ya se mencionó anteriormente se mostró al grupo varias situaciones relacionadas al momento de torsión con imágenes preparadas en Power Point y se le cuestiona respecto a la posibilidad de tener o no movimiento de rotación. Después se les pide que en forma individual que anoten lo que piensen que sucederá en una “Hoja de Predicción”.

Para la fase de la “Observación”, el grupo montó cada configuración del prototipo didáctico ya mostradas en las figuras 1 y 2. Así que, cada integrante de los equipos tuvo el acceso a manipular el material y así controlar el comportamiento del fenómeno físico.

En la fase de la “Discusión”, en cada equipo se lleva a cabo un dialogo y se habla acerca del comportamiento del fenómeno, y su comparación con lo escrito en la Hoja de Predicción, para poder entender como el fenómeno fue explicado y si se necesita realizar un cambio en el razonamiento, darle la oportunidad a cada estudiante de cambiar su forma de razonar el fenómeno, apoyándose en el proceso, de la opinión que tienen sus compañeros de grupo.

En la fase de la “Síntesis”, y dentro de una sesión plenaria los equipos manifiestan sus ideas finales a los demás acerca de las condiciones para tener a un sistema en equilibrio o con movimiento y un momento de torsión. En esta fase, el profesor sirve como moderador de dicha “Síntesis”, donde se espera que los conceptos necesarios para entender el fenómeno sean aprendidos por los estudiantes.

Si el profesor nota que no el número de estudiantes que han aprendido los conceptos correctos no se nota que son la mayoría de los estudiantes del grupo, entonces el profesor puede sugerirles a los estudiantes, que repitan el ciclo hasta, que la mayoría de los estudiantes estén de acuerdo con el con el razonamiento correcto al que se quiere llegar.

El ciclo PODS, normalmente conlleva más trabajo tanto del profesor, como de los estudiantes del grupo, por lo que por razones de tiempo, se sugiere, que la aplicación del Aprendizaje Activo de la Física, sea moderado, y aplicado para ciertos temas del curso, y no aplicarlo en la totalidad de los temas de un curso regular de Física, y esto se hace así, con el fin de que tanto el profesor como los estudiantes, puedan también tener el tiempo suficiente para concluir con todos los temas que abarque su programa normal de estudios. Una forma de llevar el Aprendizaje Activo de la Física es seleccionar algunos temas, en donde se cuenten con los prototipos didácticos apropiados, y que esos puedan facilitar la manipulación de los estudiantes, sin representar riesgos ni para los estudiantes, ni para el mismo equipo en sí. De manera que queremos optimizar los equipos, usarlos adecuadamente y preservarlos, y al mismo tiempo, también cuidar de la integridad de los estudiantes, permitiéndoles interactuar con los fenómenos físicos, de manera segura.

Pero aparte, debemos de dedicar el tiempo necesario, para que el tema elegido sea aprendido con mejor eficiencia, ya que al provocar que el estudiante, tome parte activa en el proceso de su aprendizaje, se le permitirá aprender los conceptos de la mejor manera, y con mayor capacidad de retención de los conocimientos adquiridos. Aparte, los estudiantes tendrán que dedicarle más tiempo y esfuerzo al proceso de enseñanza y aprendizaje de los conceptos estudiados, y al mismo tiempo,

el Aprendizaje Activo de la Física, aplicado a esos temas elegidos demandará más tiempo y trabajo, por parte del profesor, a cargo.

## V. LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para presentar los resultados de este estudio, se tomó una muestra de nueve estudiantes y se realizó la evaluación de sus conocimientos previos, y a esta etapa de recolección de datos se le conoce como el pretest y las calificaciones las registra el profesor y las promedia para estimar un score o evaluación inicial de sus conocimientos.

Posterior a esta primera evaluación, el profesor lleva a cabo la instrucción de los conceptos de momento de torsión y momento de torsión resultante, utilizando la metodología ya mencionada anteriormente del Aprendizaje Activo de la Física.

Después de la instrucción, se repitió la misma prueba o test, a la misma muestra de nueve estudiantes para evaluar su progreso en el conocimiento de los temas de Física ya mencionados con anterioridad. Y el profesor teniendo el resultado, saca un promedio para evaluar el rendimiento que tuvo el grupo en su conjunto.

Ahora con la fórmula de Hake (1) se puede llegar a calcular la eficiencia que tuvo la metodología didáctica. En la siguiente sección, se muestran los resultados, que arrojó este estudio.

## VI. RESULTADO DE LA GANANCIA DE HAKE DE LA MUESTRA DE ESTUDIANTES

La calificación inicial promedio, de la muestra de estudiantes en el pretest es fácil de calcular y fue de 1.33, mientras la evaluación final, después de la instrucción empleando el Aprendizaje Activo de la Física fue de 6.62. Evidentemente se tuvo una mejoría en la evaluación final indicando o sugiriendo que el Aprendizaje Activo de la Física, les fue de utilidad para aprender los conceptos físicos esperados.

Obteniendo un factor de Hake para esta muestra de estudiantes adultos de 0.545. Lo cual representa un factor de ganancia media, por estar entre los valores de ganancia baja (que es de unos 0.3 o menor) y la ganancia alta (que es mayor o igual a 0.7).

En este punto podemos decir que la metodología de enseñanza activa nos ha dado un buen rendimiento en el aprendizaje de estudiantes adultos.

## VII. CONCLUSIONES

De los resultados presentados en la sección pasada podemos apreciar la utilidad que tiene el Aprendizaje Activo de la Física, con una muestra de población de estudiantes adultos, para que comprendan el tema de momento de torsión y momento de torsión resultante.

Como se puede notar, del resultado, hemos mejorado el nivel de conocimientos previo que tenían los estudiantes a un

nivel de conocimientos medio, lo cual puede ser bastante aceptable, y comprensible en esta muestra de estudiantes, considerando que las sesiones han sido cortas y con poco tiempo de exposición. Si por el contrario se tuviera más tiempo, entonces seguramente el Aprendizaje Activo de la Física podría dar valores de ganancia en el aprendizaje mayores. Esto tendría que investigarse posteriormente con nuevas muestras de estudiantes. Además, tenemos que considerar, que este estudio fue realizado con un número reducido de personas, porque la disponibilidad de tener estudiantes adultos que quieran aprender Física a estas edades es bastante baja, en el Estado de México, pues la mayoría de los estudiantes que cursan la asignatura de Física y ven estos temas, son por lo general de edades menores y generalmente están en la etapa de la adolescencia, etapa en la que el desarrollo cognitivo de los sujetos, todavía tiene bastante actividad.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer el apoyo recibido por el CONACYT y el proyecto de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional de México no. 20211283 con título “Aprendizaje Activo de la Física para la enseñanza de la dinámica rotacional de los cuerpos”.

## REFERENCIAS

- [1] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., *Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment*, AIP Conf. Proc., 1061-1074 (1997).
- [2] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., *Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Physics*, 1ra Edición, (Wiley, Estados Unidos, 2004).
- [3] Laws, P. W. *Calculus-Based Physics Without Lectures*, *Physics Today* **44**, 24-31 (1991).
- [4] Mora, C., *Cambiando paradigmas en la enseñanza de las ciencias: Consideraciones sobre el aprendizaje activo de la Física*. *Revista ARETÉ-Revista Amazônica de Ensino de Ciências* **1**, 24-32 (2008).
- [5] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, *American Journal of Physics* **66**, 64-74 (1998).
- [6] Nwosu, U. J., *Technology in Adult Basic Education: How does Technology Impact on the Self-beliefs of Adult Basic Education Learners*, (LAP, LAMBERT Academic Publishing, Moldavia, 2012).
- [7] Lorandi, A., Hermida, G., Hernández, J., Ladrón de Guevara, E., *Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la Ingeniería*, *Revista Internacional de Educación en Ingeniería* **4**, 24-30 (2011).
- [8] Shieh, R. S., Chang, W., Liu, E. Z. F., *Technology enabled active learning (TEAL) in introductory physics: Impact on genders and achievement levels*, *Australian Journal of Educational Technology* **27**, 1082-1099 (2011).
- [9] Felder, R. M. and Brent, R., *Navigating the bumpy road to student-centered instruction*, *College Teaching* **44**, 43-47 (1996).
- [10] Matsushita, K., *An Invitation to Deep Learning*, In K. Matsushita (Ed.), *Deep Active Learning*, (Singapur, Springer, 2018), pp. 15-33.
- [11] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., and Wenderoth, M. P. *Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **111**, 8410-8415 (2014).
- [12] Felder, R. M., Felder, G. N. and Dietz, E. J., *A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-Taught Students*, *Journal of Engineering education* **84**, 469-480 (1998).
- [13] Bonwell, C. C. and Eison, J. A., *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*, ASHEERIC Higher Education Report No. 1, (George Washington University, Washington D. C., 1991).
- [14] Felder, R., Woods, D., Stice, J. and Rugarcia, A., *The Future of Engineering Education: II. Teaching Methods that Work*, *Chemical Engineering Education* **34**, 26-39 (2000).
- [15] Chickering, A. and Gamson, Z., *Seven Principles for Good Practice*, *AAHE Bulletin* **39**, ED 282, 491, 3-7 (1987).
- [16] McKeachie, W., *Research on College Teaching*, *Educational Perspectives* **11**, 3-10 (1972).
- [17] Tharay, S., Borrego, M., Prince, M., Nguyen, K., Shekhar, P., Finelli, C. J. and Waters, C., *Strategies to mitigate student resistance to active learning*, *International Journal of STEM Education* **5**, DOI 10.1186/s40594-018-0102-y (2018).
- [18] Prince, M., *Does Active Learning work? A Review of Research*, *Journal of Engineering education* **93**, 223-231 (2004).