

# Aprendizaje activo y significativo de la ley de Ohm en estudiantes de nivel medio superior



César Mora<sup>1,2</sup>, Marco Antonio Moreira, Jesús Ángel Meneses Villagrà<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria, Legaria 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo 11500, CDMX.

<sup>2</sup>Facultad de Educación, Universidad de Burgos, España.

E-mail: ceml36@gmail.com

(Recibido el 6 de septiembre de 2022, aceptado el 27 de noviembre de 2022)

## Resumen

En este artículo presentamos la implementación y evaluación de una estrategia de enseñanza activa y significativa para la ley de Ohm en estudiantes de nivel medio superior, esto se propuso combinando la metodología de las Clases Demostrativas Interactivas y las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativa y los resultados obtenidos son muy favorables para mejorar el aprendizaje conceptual. Como actividades de apoyo se utilizaron simulaciones computacionales PhET. Presentamos los resultados obtenidos del factor de ganancia del aprendizaje de Hake, y de un cuestionario de diferencial semántico, los cuales muestran resultados alentadores.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo, Aprendizaje significativo, Ley de Ohm.

## Abstract

In this paper we present the implementation and evaluation of an active and meaningful teaching strategy for Ohm's law in high school students, this was proposed by combining the methodology of Interactive Demonstrative Classes and Potentially Significant Teaching Units and the results obtained. They are very favorable to improve conceptual learning. PhET computer simulations were used as support activities. We present the results obtained from the Hake learning gain factor, and from a semantic differential questionnaire, which show encouraging results.

**Keywords:** Active learning, Meaningful learning, Ohm law.

## I. INTRODUCCIÓN

En la Enseñanza de la Física, el diseñar metodologías de enseñanza científicamente comprobadas y validadas es una tarea que requiere de mucho trabajo, además de ser una tema de investigación de frontera [1]. Por otro lado, una problemática en Educación en Ciencias, es que existe una gran desarticulación de los resultados obtenidos en la investigación educativa de las diversas disciplinas, y la práctica docente en las escuelas de los diferentes niveles educativos [2, 3, 4, 5], todo ello lleva a que los profesores sigan enseñando con los mismos errores y metodologías poco exitosas. Por consiguiente, es necesario buscar alternativas de fácil ejecución para enseñar diversos temas de física de forma que se tenga una mayor certeza de lograr el aprendizaje en los estudiantes. Es por ello que nos hemos dado a la tarea de buscar una forma innovadora de enseñar la ley de Ohm en estudiantes del nivel medio superior, utilizando la versatilidad de las simulaciones computacionales PhET, así como el Aprendizaje Activo de la Física en su modalidad de Clases Demostrativas Interactivas (CDI) desarrolladas por Sokoloff y Thornton [6], las cuales se basan en un ciclo cognitivo estructurado en predicciones, observaciones, discutir y síntesis (PODS), y además la estrategia del Aprendizaje Significativo en su modalidad de Unidades

Educativas Potencialmente Significativas (UEPS), desarrollada por Moreira [6], el utilizar estos tres recursos, esto es, las CDI, las UEPS y las simulaciones PhET, nos lleva a tener Clases Demostrativas Interactivas Significativas (CDIS). El artículo está organizado de la siguiente manera, en la Sección II se menciona sobre el Aprendizaje Activo, en la Sección III tratamos brevemente sobre el Aprendizaje Significativo, en la Sección IV mostramos la CDIS para la Ley de Ohm en la Sección V mostramos nuestros resultados sobre la ganancia del aprendizaje de los estudiantes, finalmente en la Sección VI presentamos nuestras conclusiones.

## II. APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA

Bonwell y Eison [8], definieron el Aprendizaje activo como “cualquier cosa que involucra a los estudiantes en hacer cosas y pensar en las cosas que están haciendo”. Por otro lado, Benítez [9] enfatiza la importancia de la sobreestimulación de los estudiantes para lograr un verdadero ambiente activo que permita construir su propio conocimiento.

Se tiene una gran variedad de metodologías activas de enseñanza [8], y es notorio que el componente fundamental

en todas ellas, es que el estudiante deja de tener un rol pasivo para llegar a ser un agente activo en la construcción de su propio conocimiento y aún en el de sus compañeros, pues se promueve el trabajo colaborativo mediante la conformación de grupos pequeños de 3 a 4 participantes.

En especial nos hemos enfocado al Aprendizaje Activo en la modalidad de Clases Demostrativas Interactivas, en donde Meltzer y Thornton han recopilado una buena cantidad de resultados exitosos de esta metodología [10]. Por su parte, Sokoloff [11] es uno de los promotores más activos en el mundo sobre el uso de las CDI para la enseñanza de la física, realizando talleres financiados por la UNESCO y otras instituciones educativas. La metodología de las CDI puede ser revisada con más detalle en las referencias proporcionadas en el presente artículo [10, 11]. Baste decir que en las CDI, se propone la realización de experimentos sencillos preferentemente en el mismo salón de clases, con materiales de bajo costo, y siguiendo el ciclo PODS, el cual consiste en hacer predicciones sencillas para explicar un fenómeno o problemática específica, luego realizar observaciones detalladas y registrar cuidadosamente los datos experimentales obtenidos de ellas en tiempo real para su análisis. Así como discutir con los compañeros del equipo y en forma grupal la justificación del fenómeno de estudio y finalmente, realizar una síntesis la cual permitirá corregir los errores cometidos para la explicación del experimento y poder llegar a la comprensión correcta de conceptos físicos.

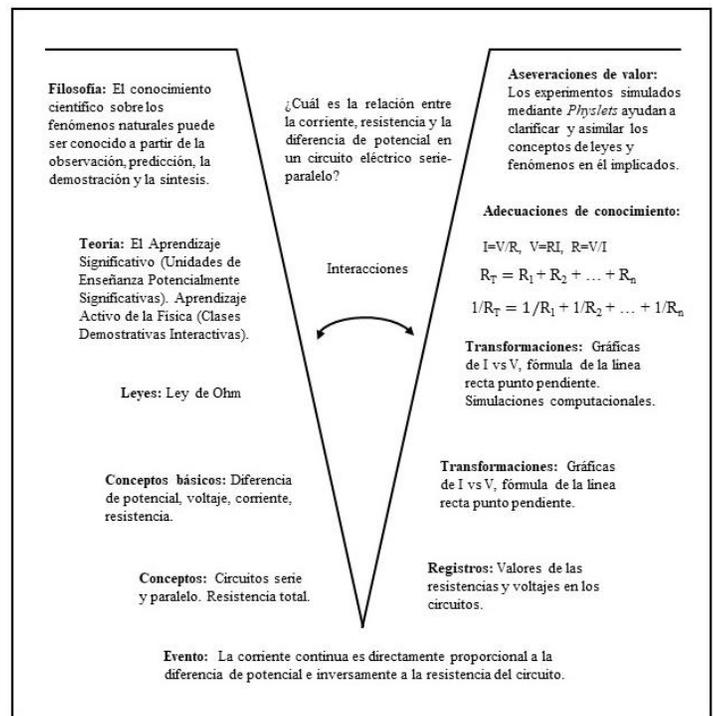
### III. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA FÍSICA

En los años sesentas, Ausubel propuso una nueva teoría educativa del aprendizaje en donde el nuevo conocimiento generado, esto es, el conocimiento verdadero únicamente se puede lograr cuando los nuevos contenidos aprendidos, tienen un significado con referencia a los conocimientos que previamente tiene el estudiante [12]. Por consiguiente, cuando hablamos de aprender algún concepto de física, estamos considerando que en este caso, los nuevos aprendizajes de la física, se conectan con los conceptos que el alumno ya poseía. Uno de los principales logros del aprendizaje significativo es que, por este medio se provee de una teoría de asimilación del aprendizaje cognitivo, la cual en los últimos cincuenta años, ha demostrado su efectividad principalmente en Educación en Ciencias, en donde al utilizar investigación dirigida y el diseño instruccional en verdad se puede lograr la construcción de conocimientos significativos [13]. Además de establecer que la construcción y reconstrucción de significados por parte de los alumnos requiere que busquen integrar activamente el nuevo conocimiento con el conocimiento ya existente en su propia estructura cognitiva, debemos señalar que si se aprende memorísticamente, entonces no se podrá conseguir la integración de significados de nuevos conceptos, y por tanto, la anterior estructura cognitiva del alumno no logrará ser elaborada o reconstruida [14]. En este punto, es importante señalar que si el alumno no tiene la disposición a aprender, difícilmente se logrará el aprendizaje, pues se requiere de una

buena disposición y actitud adecuada del alumno, así como la utilización de materiales didácticos potencialmente significativos, y la organización de actividades para lograr nuevos significados conceptuales [7], de otra forma solo se logra un aprendizaje memorístico o en un nivel más bajo del aprendizaje significativo, lo cual se conoce como “aprendizaje situado”, y que obviamente no es lo deseado.

### IV. CDIS PARA LEY DE OHM

Mediante el recuso heurístico de la V de Gowin [15], podemos ayudar a los alumnos a comprender la naturaleza de la construcción del conocimiento de la ley de Ohm y su aplicación a circuitos eléctricos de corriente continua.



**FIGURA 1.** Diagrama V de Gowin para enseñar la ley de Ohm utilizando AA y AS mediante simulaciones computacionales interactivas PhET.

A continuación, mostramos nuestra propuesta metodológica de enseñanza fundamentada en aprendizaje activo y aprendizaje significativo mediante el uso de simulaciones PhET y presentada previamente en [7].

Título: Clase Demostrativa Interactiva Significativa sobre ley de Ohm

Contexto: Esta unidad de enseñanza fue planificada y desarrollada para un curso de Física III, con duración de 2 horas (3 encuentros), impartido a alumnos de Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, durante el ciclo escolar 2021-2022 al final de la pandemia de COVID-19.

Objetivo: Enseñar la ley de Ohm para alumnos de Educación Media utilizando simulaciones PhET.

Secuencia: Se sugiere hacer las siguientes Demostraciones utilizando el simulador PhET.

1. Situación inicial. Explicar la ley de Ohm y las relaciones eléctricas básicas en los circuitos en serie y en paralelo. Utilizar un amperímetro y un voltímetro para realizar lecturas en circuitos. Razonar para explicar las mediciones y las relaciones en los circuitos. Construir circuitos a partir de dibujos esquemáticos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

2. Situaciones-problema. Conectar un foco A a una batería perfecta (sin resistencia interna). Luego, añadir un foco B (idéntico al foco A) en serie con el foco A. Después, comparar el brillo del foco A con respecto al del foco B. Medir y comparar la intensidad de corriente eléctrica que circula por los puntos intermedios de los focos A y B. Comparar la diferencia de potencial entre los extremos del foco A en el primer circuito, con la diferencia de potencial entre los extremos del foco A en el segundo circuito con los 2 focos A y B en una configuración en serie. Hacer el mismo procedimiento anterior con 2 focos idénticos pero conectados en paralelo, esto es, comparar el brillo de los focos A y B. Comparar la intensidad de la corriente eléctrica a través del foco B con la que circula a través del foco A, conectados en paralelo. Con el switch cerrado, comparar la diferencia de potencial entre los extremos del foco A con la diferencia de potencial entre los extremos del foco B. Comparar la diferencia de potencial entre los extremos del foco B con la diferencia de potencial entre los extremos de la batería. (Tiempo estimado 1h de duración).

3. Revisión. Revisar los conceptos de voltaje, intensidad de corriente y resistencia eléctrica. Enfocarse en el concepto de ley de Ohm. Proponer el establecimiento de relaciones entre el concepto de diferencia de potencial, intensidad de corriente y resistencia eléctrica. También se puede proponer la construcción de nuevas configuraciones de circuitos eléctricos en serie y paralelo más complejas, desde diseños 3D hasta 2D, de forma que puedan reducir las estructuras complejas a su expresión más sencilla de circuitos serie y paralelo. (Tiempo estimado 1h de duración).

4. Nueva situación problema, con nivel más alto de complejidad. Se aumentará el número de focos en serie y paralelo (de 3 a 5 elementos) de forma tal que se comparará el brillo de los focos A, B, C, D y E en cada uno de los circuitos serie y paralelo. De igual forma, se medirá la diferencia de potencial en los diferentes focos y las intensidades de corriente que circula a través de ellos. Los focos serán sustituidos por resistencias eléctricas de diversos valores y se conectarán en configuraciones serie y paralelo, y se calcularán y medirán las intensidades de corriente y las caídas de voltaje en diferentes puntos de los circuitos. (Tiempo estimado 2h de duración).

5. Evaluación sumativa individual. Esta actividad se realizará en una clase. Se propondrán preguntas abiertas en las que los estudiantes puedan expresar libremente su comprensión de la ley de Ohm y del análisis de circuitos eléctricos de corriente

continua en serie y paralelo. Se realizarán preguntas, se pedirá algún esquema o diagrama que de evidencias de aprendizaje significativo. (Tiempo estimado 1h de duración).

6. Clase expositiva dialogada integradora final. Se retomará todo el contenido de la CDIS, repasando los casos, actividades y estrategias utilizadas en las clases anteriores para destacar la importancia de la comprensión de cada uno de los puntos de la evaluación sumativa individual (5) para la formación científica del estudiante. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Destacar las dificultades del estudio y de la investigación del tema. (Tiempo estimado 1h de duración).

7. Evaluación del aprendizaje en la CDIS. Se realizará una evaluación individual a través de preguntas abiertas sobre los conceptos abordados en la unidad sobre circuitos eléctricos en serie y paralelo de corriente directa. La actividad ocupará una clase. El profesor deberá registrar evidencias de aprendizaje significativo mediante la adquisición y dominio de los niveles representacionales de los estudiantes. Además, estas representaciones deben ser articuladas y utilizadas para resolver situaciones-problema típicas de los circuitos eléctricos en serie y paralelo. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Enfatizar las dificultades del estudio y de la investigación del tema, así como la importancia de este conocimiento para la comprensión de los circuitos eléctricos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

8. Clase final y evaluación de la CDIS en el grupo. Se realizará un análisis de las respuestas a las preguntas propuestas en la evaluación individual ante todo el grupo. Se analizarán los comentarios finales integradores vertidos sobre el tema abordado. También se realizará una evaluación oral de los estudiantes sobre las estrategias de enseñanza utilizadas y sobre su aprendizaje. La actividad ocupará una clase. Las actividades de los estudiantes serán grabadas en audio, previa autorización de los mismos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

9. Evaluación de la CDIS. La CDIS sólo podrá ser considerada exitosa si hay un dominio progresivo del concepto de la ley de Ohm mediante la adquisición de diferentes niveles representacionales, debidamente articulados y generando significados para el análisis de circuitos eléctricos en serie y paralelo. Por consiguiente, se realizará un análisis cualitativo, por parte del profesor, sobre las evidencias que percibió, o no, de aprendizaje significativo de los conceptos de diferencia de potencial, intensidad de corriente eléctrica y resistencia en circuitos eléctricos en serie y paralelo, en la evaluación individual y en la observación participante, así como de la evaluación de la CDIS realizada por los estudiantes en la última clase. (Tiempo estimado 30 min de duración).

Duración total estimada: 8 horas

En la siguiente figura se muestra la simulación PhET utilizada para enseñar la ley de Ohm. En la cual al variar el voltaje o la resistencia, se ilustra como aumenta o disminuye la corriente en el circuito eléctrico.

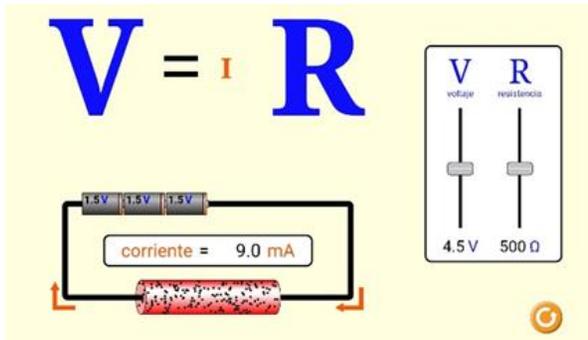


FIGURA 2. Simulaciones computacionales interactivas PhET para la enseñanza de la ley de Ohm.

## VI. RESULTADOS

La intervención didáctica de la clase demostrativa interactiva significativa mostrada en la sección anterior fue aplicada en un grupo de 25 alumnos de nivel medio superior (5IM13) del Instituto Politécnico Nacional de la Ciudad de México durante el primer semestre de 2022, las edades de los alumnos se encuentran entre 16 y 17 años. Se consideró un grupo control de 23 alumnos (5IM18), para realizar la comparación de los datos obtenidos, en dicho grupo se realizó la instrucción tradicional de la ley de Ohm y de circuitos eléctricos en serie y paralelo, así como un par de prácticas de laboratorio utilizando componentes físicos (focos, resistencias y multímetros), sin la utilización de simulaciones computacionales.

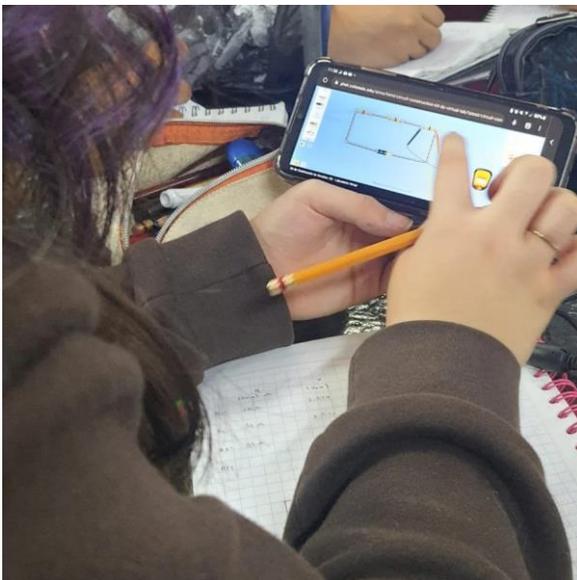


FIGURA 3. Realización de la CDIS sobre ley de Ohm mediante simulaciones computacionales interactivas PhET.

Como pretest y postest se utilizó una versión reducida de 15 preguntas del instrumento *The Electric Circuits Concept Evaluation* (ECCE) [16], y que originalmente está compuesto por 45 preguntas de opción múltiple.

La ganancia normalizada de Hake g, es un parámetro que muestra en general la ganancia del aprendizaje de los alumnos, pero evitando el contraste entre aquellos que puedan estar en mejores condiciones conceptuales que otros y que pertenecen al mismo conjunto o grupo académico [17, 18]. Se tienen 3 rangos principales de clasificación dentro del intervalo entre 0 y 1. La ganancia se considera baja si g es menor o igual a 0.3, media si está entre 0.3 y 0.7, se considera alta si es igual o mayor que 0.7.

En las siguientes tablas mostramos los resultados obtenidos en el cálculo del factor de ganancia del aprendizaje de Hake.

TABLA I. Ganancia normalizada conceptual del grupo experimental 5IM13.

Ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13	
Media del grupo antes de la instrucción	3.2
Media del grupo después de la instrucción	9.48
Puntuación máxima	15
Porcentaje de g baja	12%
Porcentaje de g media	56%
Porcentaje de g alta	32%
Valor promedio de g	0.569
Ganancia conceptual de Hake grupal	Media

TABLA II. Ganancia normalizada conceptual del grupo experimental 5IM18.

Ganancia de Hake del grupo control 5IM18	
Media del grupo antes de la instrucción tradicional	3.6
Media del grupo después de la instrucción tradicional	6.8
Puntuación máxima	14
Porcentaje de g baja	56.6%
Porcentaje de g media	21.7%
Porcentaje de g alta	21.7%
Valor promedio de g	0.26
Ganancia conceptual de Hake grupal	Baja

## V. CONCLUSIONES

Los resultados de la ganancia del aprendizaje después de la instrucción con la CDIS son muy alentadores. En general, el grupo experimental 5IM13 muestra una ganancia de Hake media de un 56%, así como una ganancia alta del 32% y solo una ganancia baja del 12%. En general, se aprecia que el grupo experimental tuvo un mejor desempeño académico que el grupo control, Por otro lado, de la Tabla II podemos

observar que el puntaje medio del grupo 5IM18 mejoró, obteniéndose una calificación media de 6.8; sin embargo, el grupo permanece en un atraso conceptual sobre el tema de los circuitos eléctricos. Este resultado, nos lleva a reconocer el avance del grupo control mediante la instrucción tradicional.

En el enfoque de Hake, los grupos que utilizan métodos de participación activa obtienen una ganancia de aprendizaje mayor, y por consiguiente es mejor el aprendizaje. En nuestro caso, además de considerar una metodología activa de enseñanza, se ha considerado dar la estructura de las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas utilizando el recurso de las simulaciones computacionales interactivas para estudiar la ley de Ohm y para construir y analizar diversos casos de circuitos eléctricos de corriente continua.

## AGRADECIMIENTOS

C. Mora agradece el apoyo otorgado por el Instituto Politécnico Nacional mediante el proyecto de investigación SIP-20221757 “Aprendizaje Activo y Significativo de la Física mediante Physlets”.

## REFERENCES

[1] Elizondo, M. S., *Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física*, Presencia Universitaria, Año 3, No. 5, 70-77 (2013).  
[2] Bauer, K., & Fischer, F., *The educational research-practice interface revisited: A scripting perspective*, Educational Research and Evaluation **13**, 221-236 (2007).  
[3] Perines, H., *Las difíciles relaciones entre la investigación educativa y la práctica docente*, Tesis doctoral en Educación, Universidad Autónoma de Madrid (2016).  
[4] Gutiérrez, D., Zerpa, M. L., González, N., Pirela, C., *La investigación educativa en el hacer docente*, Laurus Revista de Educación **13**, 279-309 (2007).  
[5] Aguirre-García, J. C. & Jaramillo-Echeverri, L. G., *Consideraciones acerca de la investigación en el aula: más allá de estar a la moda*, Educación y Educadores **11**, 43-54 (2008).

[6] Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K., *Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment*, The Physics Teacher **35**, 340 (1997).  
[7] Mora, C., Moreira, M. & Meneses, J. A., *Unidades de enseñanza potencialmente significativas y aprendizaje activo para enseñar circuitos eléctricos con simulaciones PhET*, Lat. Am. J. Sci. Educ. **9**, 23020-1 - 23022-14 (2022).  
[8] Bonwell, Ch. C. & Eison, J. A., *Active Learning; Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1 (The George Washington University, School of Education and Human Development, Washington, D.C., 1991).  
[9] Benítez, Y., *Una Clase Demostrativa Interactiva para la enseñanza de la caída libre de los cuerpos*, Tesis de Doctorado en Física Educativa. CICATA Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México (2012).  
[10] Meltzer, D. E. & Thornton, R. K., *Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics*, Am. J. Phys. **80**, 478-496 (2012).  
[11] Sokoloff, D., *Active learning of introductory optics: Strategies for the U.S. and the developing World*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **6**, 16-22 (2012).  
[12] Ausubel, D. P., *The psychology of meaningful verbal learning* (Grune and Stratton, New York, 1963).  
[13] Novak, J. D., *Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies Leading to Empowerment of Learners*. In: Gregory J. Kelly and Richard E. Mayer, (Wiley Periodicals, Inc., USA, 2002).  
[14] Ausubel, D. P., *Educational psychology: A cognitive view* (Holt, Rinehart, & Winston, New York, 1968).  
[15] Gowin, D. B., *Educating* (Cornell University Press, Ithaca NY, 1981).  
[16] Sokoloff, D. R., *Teaching Electric Circuit Concepts Using Microcomputer-Based Current/Voltage Probes*. In: Tinker, R.F. (eds) Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards. NATO ASI Series, vol 156, (Springer, Berlin, Heidelberg, 1996).  
[17] Hake, R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64-74 (1998).  
[18] Hake, R., *Six Lessons From The Physics Education Reform Effort*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **1**, 24-31 (2007).