

# Evaluación de la experiencia virtual “giroscopio”: procesos de razonamiento cognitivo de los alumnos

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Monaliza da Fonseca<sup>1,2</sup>, Nora Lía Maidana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física – Universidade de São Paulo, Brasil. Rua do Matão Travessa R Nr.187 CEP 05508-090 Cidade Universitária, São Paulo – Brasil.

<sup>2</sup>Colegio Santa Cruz, Av. Arruda Botelho, 255 - Alto de Pinheiros, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: nmaidana@if.usp.br

## Resumen

Disciplinas de mecánica frecuentemente abordan el estudio del movimiento del giroscopio por medio de recursos pedagógicos típicamente demostrativos y/o explicaciones teóricas. Hemos desarrollado material didáctico para dar soporte a disciplinas introductorias de mecánica, aplicando nuevas tecnologías de la información y la comunicación, mediante la filmación experimentos reales y el procesado de esas imágenes. Los experimentos se realizaron en la Universidad de São Paulo y el material así desarrollado, alojado en la página de uso libre [www.fisfoto.if.usp.br](http://www.fisfoto.if.usp.br), es usado por los estudiantes de Licenciatura en Física de esa universidad. En este experimento se pueden medir posiciones angulares en momentos específicos de tiempo para determinar las velocidades de spin y precesión, además de encontrar la relación entre el torque del peso del giroscopio y el momento angular. Entrevistamos 12 estudiantes que participaron en la actividad, con el fin de evaluar el material. Analizamos las entrevistas basándonos en la propuesta de Piaget sobre equilibrio y el concepto de estructuras previas propuesto por Ausubel. El movimiento de ese dispositivo genera sorpresa en los estudiantes y sirve como fuente de inspiración para el aprendizaje de nuevos conceptos. Asimilación y adaptación son claramente identificados en las entrevistas. A partir de la categorización de las respuestas fue posible esbozar el esquema de razonamiento desarrollado por los estudiantes, identificar sus conocimientos previos así como aquellos que se necesitan de incorporar para poder explicar el funcionamiento del giroscopio.

**Palabras clave:** Enseñanza de la mecánica, Giroscopio, Laboratorio virtual, Evaluación pedagógica, Teorías del aprendizaje.

## Abstract

Disciplines of mechanics frequently introduce the study of the motion of the gyroscope through demonstrative teaching resources and/or theoretical explanations. We have developed didactic materials for introductory disciplines of mechanics, using information and communication technologies, recording real experiments and processing the images. The material, uploaded at the free user site [www.fisfoto.if.usp.br](http://www.fisfoto.if.usp.br), was developed at the University of São Paulo to be used by students of Bachelors in Physics Education. In this experiment, measurements of the angular position of a gyroscope can be done at specific times, to determine spin and precession velocities, and in addition, to find the relationship between the torque of the weight and the angular momentum. We interviewed 12 students who participated in the activity in order to evaluate the material. We analyze the interviews based on the Piaget's balance proposal and the concept of previous structures proposed by Ausubel. The movement of this device generates surprise to the students and serves as inspiration for learning new concepts. The interview responses clearly show the assimilation and in other cases the adaptation. From the responses categorization it was possible to outline the reasoning scheme developed by the students and identify the previous knowledge required and those necessary to incorporate for the assimilation and the explanation of the gyroscope motion.

**Keywords:** Teaching Mechanics, Gyroscope, Virtual Lab, Pedagogical evaluation, Assimilation theory.

## I. INTRODUCCIÓN

En los de cursos ciencia en general se recomienda realizar, concomitantemente con las clases expositivas, clases prácticas, impartidas en laboratorios didácticos. ¿Cuál es la intención de estas clases prácticas? ¿Por qué son propuestas actividades experimentales? Para responder a estas preguntas buscaremos, a lo largo de la historia reciente, las preocupaciones y sugerencias asociadas a la educación de las ciencias.

En la década de los 50, Estados Unidos y Rusia competían por la carrera armamentista. La disputa sobre quién era más fuerte a nivel tecnológico estaba asociada al avance científico. Esta batalla de ideologías y tecnologías apuntó a la educación, que fue vista, por Estados Unidos, como la única manera de contener los avances y las ambiciones soviéticas de una posible dominación del mundo.

Ante este escenario, la física tuvo prioridad en el desarrollo de proyectos educativos. Por otra parte actividades de laboratorio fueron vistas como esenciales para reducir el grado de abstracción del contenido (King, 2006). En medio de este espíritu que se creó el Physical Science Study Committee (PSSC, 1963), dirigido inicialmente por el físico Jerrold Zacarías, con el objetivo de revolucionar la metodología de la enseñanza y de formar más científicos (Rudolph, 2006).

*Al realizar experimentos, cuyos resultados de antemano no sabe, el estudiante se siente participando personalmente de los descubrimientos científicos; de esta manera la ciencia y la importancia del científico le resultan más significativas (PSSC, 1963).*

En 1996 Brasil divulgó las Directrices Curriculares Nacionales (DCN) preparadas por el Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Entre las habilidades sugeridas como objetivo a ser alcanzado en la formación universitaria se encuentra la capacidad del graduado en física de dominar los contenidos científicos, además de conseguir, a partir de ellos, describir y explicar los fenómenos naturales. Para que dichas habilidades puedan ser internalizadas por los alumnos fueron diseñadas destrezas a ser desarrolladas a lo largo de la graduación. Algunas de ellas deben ser desenvueltas en las clases de laboratorio, ya que el MEC recomienda instancias para "resolver problemas experimentales, desde su identificación hasta la realización de mediciones y análisis (...)" (MEC BRASIL, 2008). Resolver un problema experimental requiere conocer los instrumentos a ser utilizados, su funcionalidad y las diferentes mediciones que éste permite que sean hechas. El proceso de "reconocimiento" a menudo requiere tiempo de manipulación previo al de realizar las medidas específicas, para luego verificar que grandezas, con qué propósito y como esas herramientas son capaces de medir. La formulación de experimentos y subsiguiente extracción de resultados hará posible un mejor conocimiento de la realidad y la aplicación de las leyes de la física.

Teniendo en cuenta esas ideas, hemos desarrollado, a partir de experimentos reales, el Laboratorio Virtual, que tiene por objetivo estimular el proceso de recolección y análisis de datos. Si bien el estudiante no está en contacto real con el objeto ni el instrumento de medida, es capaz de desenvolver hipótesis, medir, analizar datos y sacar conclusiones. Evaluamos aquí la propuesta, el desenvolvimiento y la aplicación de la experiencia "giroscopio cualitativo", que fue elaborada para ser realizada de forma virtual, [http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/giroscopio\\_qualitativo/index.html](http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/giroscopio_qualitativo/index.html).

## II. EL EXPERIMENTO VIRTUAL

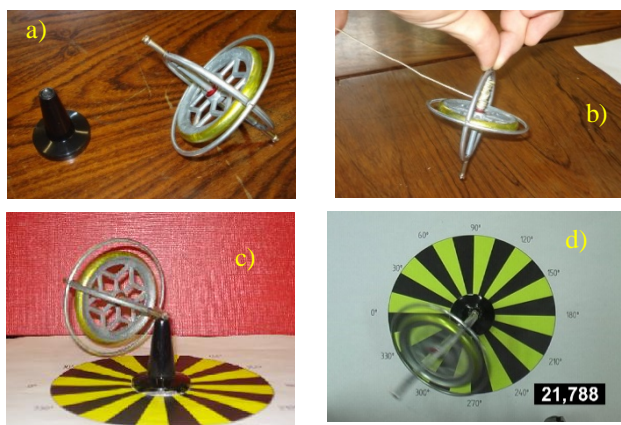
En la educación de las ciencias es importante contextualizar el problema y/o el fenómeno antes de exponer el contenido en sala de aula (Van Oers, 1998). Cualquier recurso utilizado en clase, ya sea virtual o no, necesita una planificación didáctica antes de ser implementado; debe contribuir con la construcción del conocimiento por parte del estudiante. Así, Bruner (Bruner, 1960) presenta la idea de "aprender haciendo" ("learning by doing"), donde sostiene que para adquirir experiencia y desarrollar habilidades, los estudiantes necesitan interactuar con el objeto de estudio; las actividades computacionales pueden ser, en muchos casos, la manera de alcanzar esos objetivos.

Algunos de los experimentos virtuales, de la página [www.fisfoto.if.usp.br](http://www.fisfoto.if.usp.br), fueron desarrollados como un recurso para complementar las clases teóricas de las disciplinas introductorias de Mecánica del Profesorado de física. Específicamente, para la disciplina *Mecânica dos corpos rígidos e dos fluídos*, del tercer semestre de esa carrera, fueron creadas dos actividades: giroscopio cualitativo y giroscopio cuantitativo, entre otras.

El objetivo inicial de la experiencia era poner al estudiante en contacto con ese contenido para que observe el movimiento de precesión. Para ello se utilizó un pequeño giroscopio como el de la Figura 1a), que era puesto a girar con la ayuda de un cordón, como en la figura 1b), para luego colocarlo sobre un soporte como se muestra en las figuras 1c) y 1d).

El proceso de desarrollo de estos experimentos virtuales consiste inicialmente en la filmación del objeto en movimiento a ser estudiado, cuidando de encontrar una manera que permita la observación y

registro de las posiciones a lo largo del tiempo. Una vez filmada la experiencia fue incorporada una marca de tiempo al video, que actuando como un temporizador, fluye de forma simultánea con el movimiento del objeto. El procesamiento del video permite la obtención de un conjunto de cuadros del recorte del video que interesa ser analizado. En este caso, al trabajar con un movimiento circular se debe leer la posición angular. Así, el giroscopio fue colocado sobre un círculo impreso, dividido en sectores de  $15^\circ$ . Los cuadros extraídos de ese video permiten medir los diferentes ángulos en los que se encuentra el eje del giroscopio y asociar esa posición a un instante de tiempo, como se muestra en la Figura 1d).

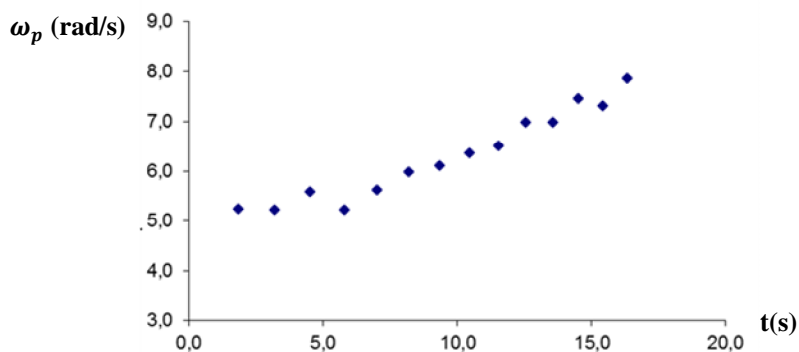


**FIGURA 1.** a) Giroscopio usado en la elaboración del experimento; b) Giroscopio colocado en rotación con la ayuda de un cordón; c) Vista lateral del Giroscopio sobre la base e instrumento de medida de posiciones angulares; d) Vista vertical del Giroscopio sobre la base e instrumento de medida de posiciones angulares; el rectángulo negro con números blancos representa el instante de tiempo de ese cuadro.

El objetivo de la primera experiencia, *giroscopio cualitativo*, es el de confrontar al estudiante con el comportamiento no intuitivo de la velocidad de precesión. El material experimental fue preparado para obtener la velocidad media de cada giro con cuadros extraídos de los videos. Fueron separados dos cuadros por giro, en los que el eje del giroscopio se encontraba al inicio y al final de cada vuelta. El material de la página cuenta con varias situaciones, cada una de las cuales dispone de al menos unas 7 vueltas.

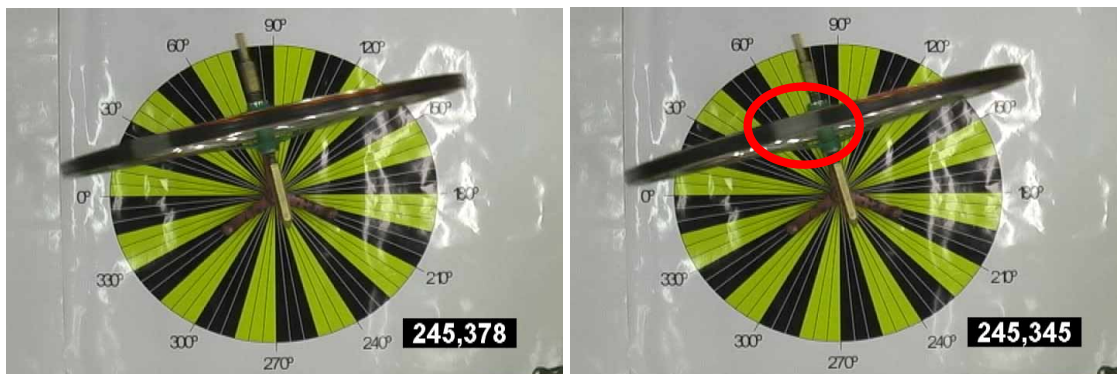
La guía de laboratorio introduce la experiencia con la pregunta: *la velocidad de precesión del giróscopo aumenta, disminuye o permanece constante a lo largo del tiempo?*, que debe ser respondida de forma espontánea únicamente después de observar el video del giroscopio en movimiento. Esa introducción tiene el objetivo de rescatar los conocimientos previos de los estudiantes para ponerlos a confrontarlos luego con los resultados del análisis de la experiencia.

Posiciones angulares y sus respectivos tiempos pueden ser leídos en cada cuadro haciendo posible el cálculo de la velocidad media de la precesión para cada vuelta del giroscopio y así comprobar su comportamiento en función del tiempo, como muestra la figura 2. Gráficos como este permiten al estudiante confrontar su respuesta inicial con la evidencia del aumento de la velocidad de precesión con el transcurso del tiempo.



**FIGURA 2.** Gráfico ilustrativo de la evolución temporal de la velocidad de precesión del giroscopio obtenida con los valores leídos de una de las experiencias *giroscopio cualitativo*.

Durante la experiencia *giroscopio cuantitativo*, se lleva a cabo un análisis más detallado del movimiento. Para preparar el material destinado a ella se filmó un giroscopio construido a partir de una rueda de bicicleta. La filmadora se localizó en una posición elevada con relación al instrumento, que estaba apoyado sobre una base graduada con sectores circulares marcados a cada 5°, como muestra la figura 3.



**FIGURA 3.** Cuadros ilustrativos del giroscopio en dos posiciones, al inicio y al final de una vuelta, con los que es posible determinar, con las marcas de tiempo de cada una, la velocidad angular de precesión. La marca roja oval de la figura de la derecha destaca el marcador que se utiliza para el cálculo de la velocidad angular de spin.

Las lecturas del eje del giroscopio en las dos posiciones extremas de cada vuelta y la marca en el borde de la misma permiten, con los respectivos tiempos, determinar la velocidad angular media de precesión de cada giro,  $\omega_p$ , y su velocidad de spin,  $\omega_s$ , respectivamente. Con esos valores se verifica el comportamiento de una de las velocidades en función de la otra, de acuerdo a la expresión:

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{I \cdot \omega_s}, \tag{1}$$

donde  $m$  es la masa del giroscopio,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $d$  la distancia desde el punto de apoyo de la base del giroscopio al centro de masa e  $I$  su inercia rotacional. Los resultados de esta experiencia permiten verificar el aumento de  $\omega_p$  y la reducción de  $\omega_s$  en función del tiempo.

### III. MARCO TEÓRICO

La sorpresa frente a situaciones nuevas y eventos inesperados frecuentemente estimula a los estudiantes en la búsqueda de explicaciones para ese fenómeno. Entre los experimentos que figuran en el sitio de *Laboratorio Virtual* están los de *Giroscopio*, que describimos aquí, para mostrar su influencia en la búsqueda del conocimiento por parte de los estudiantes.

El movimiento peculiar de este instrumento genera asombro y termina provocando interés por comprender su funcionamiento. Aunque el estudiante sea encantado por la "magia" que puede estar detrás del experimento, es necesario añadir contenido científico al fenómeno y explicarlo con un lenguaje apropiado:

*Otro aspecto se refiere al conocimiento de los estudiantes todavía muy arraigadas a la magia, la belleza y al espectáculo. Estamos de acuerdo (...) al afirmar que la actividad experimental no puede quedar solo en eso y, a partir de ese factor sorpresa, entendemos que se haga necesario agregar aspectos que podrían enriquecer el conocimiento de todos en la sala de aula (Galiazzi y Gonçalves, 2004).*

La teoría de Piaget propone una manera de comprender la formación de las estructuras que permiten el desarrollo del conocimiento, basada, según él, en que el individuo se compone de varias unidades que se complementan entre sí, de modo que cada parte debe vivir en armonía para que el conjunto no se desmorone (Piaget, 1976). Es como si el individuo viviera en una constante búsqueda de equilibrio y, en caso que el mismo sea perdido, algo debe suceder para restaurar el orden.

En presencia de una situación peculiar, cuya explicación contradice el sentido común, el individuo se encuentra en un estado de desequilibrio. A partir de ese momento surge la necesidad de la búsqueda de

explicaciones, y por lo tanto el desarrollo de la inteligencia. La comprensión conducirá al individuo a un nuevo equilibrio, pero ahora con una carga mayor de conocimiento, y tal vez menos probabilidades de "desequilibrio cognitivo", en caso que se produzcan situaciones similares. La concepción de Piaget es citada en la obra (Gomes y Bellini, 2009) y (Becker, 1997):

*[...] en el acto de conocer, el sujeto está activo y, en consecuencia, se enfrentará a una perturbación externa y reaccionará con el fin de compensar y consecuentemente tenderá a un estado de equilibrio.. [...] El equilibrio como yo lo entiendo, es un proceso activo. (Piaget apud Gomes y Bellini, 2009)*

La búsqueda por el equilibrio se da por medio de los invariantes funcionales (Matos, 2008) que otorgan el apoyo necesario para que la comprensión sea lograda. Los factores que intervienen en ese proceso permiten la creación de estructuras de pensamiento que pueden ser divididos en *organización* y *adaptación* (asimilación y acomodación).

La *organización* es el punto de partida para que el proceso de adaptación pueda suceder y está asociada a la forma en que el individuo desarrolla su razonamiento. Ella se explica haciendo uso de *esquemas*, que retratan la acción inicial del sujeto sobre el objeto hasta el momento en que se consigue adaptar; esta etapa se puede dividir en *asimilación* y *adaptación*. La primera trata de entender y explicar un determinado fenómeno a partir de conocimientos que ya se tienen; la segunda necesita que el conocimiento sea modificado o complementado para que la explicación sea posible. En general, en ambos casos se busca organizar la estructura cognitiva y comprender la realidad.

Además de estos conceptos propuestos por Piaget (1976) es conveniente dar la debida importancia a lo que los estudiantes ya saben. Ausubel (1980) propone la idea de conocimientos previos, también llamadas estructuras previas o preconcepciones, esenciales para el aprendizaje:

*Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averígüese esto y enséñese de acuerdo a ello". (Ausubel, 1978).*

A pesar de que los conceptos elaborados por Ausubel y Piaget son similares para algunas connotaciones, en este trabajo se aplicará a situaciones diferentes pero con el mismo objetivo final. La idea de estructuras previas servirá para identificar lo que los estudiantes ya saben y asocian al fenómeno en estudio. La forma en como es aplicado el conocimiento ya adquirido se categoriza de acuerdo a las propuestas de adaptación y acomodación de Piaget. La comprensión del fenómeno físico se entenderá como un *esquema*.

El experimento del giroscopio se encuadra en ese contexto ya que provoca desequilibrio a un número significativo de estudiantes. Muchos de ellos responden, basándose únicamente en la intuición, que la velocidad de precesión disminuye, sin embargo lo que se constata al analizar los resultados es lo contrario. Este fenómeno desafía a los estudiantes a aplicar los conocimientos previos y a buscar nuevos conceptos, si los primeros conocimientos fueren insuficientes.

#### IV. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Propuestas con la intención de fomentar el aprendizaje del estudiante son actividades recurrentes. El desafío de gran parte de los profesores ha sido encontrar una nueva manera de enseñar que tenga resultados positivos. Pero, ¿cómo saber si este aprendizaje está sucediendo realmente? ¿Es eficaz todo el empeño realizado?

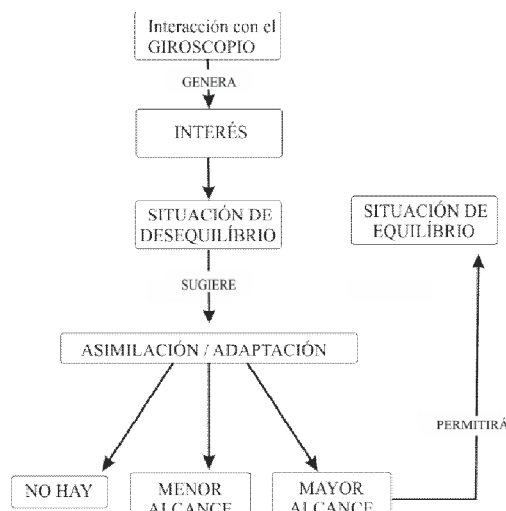
Con el fin de evaluar la propuesta de las experiencias de giroscopio, y otras elaboradas por nuestro grupo, fueron aplicados los modelos de Ausubel y Piaget en el análisis de entrevistas realizadas a 12 estudiantes que participaron del experimento virtual en diversos semestres lectivos. Las preguntas de la entrevista trataron, entre otros asuntos, sobre:

- a) otros experimentos virtuales con los que los estudiantes habían tenido contacto;
- b) funcionamiento y descripción del giroscopio, destacando, cuando fuera posible, las grandezas físicas involucradas en su movimiento;
- c) objetivos del experimento virtual del giroscopio;
- d) las expectativas causadas y aportes obtenidos con el experimento.

Las entrevistas fueron transcriptas y las respuestas agrupadas en las siguientes categorías:

- I) interés por el movimiento del giroscopio;
- II) sorpresa causada por su movimiento;
- III) búsqueda de una explicación – asimilación- haciendo uso de las estructuras previas;
- IV) desarrollo y modificación de su conocimiento para que el movimiento pueda ser explicado - adaptación.

Una vez categorizadas y destacadas las respuestas más importantes fue posible elaborar el diagrama de la figura 4 en el que se observan diferentes etapas del esquema seguido por los entrevistados para la adquisición de los nuevos conocimientos y el momento en que se rescataron los que ya se poseían. En el diagrama, hemos tratado de resumir los caminos de elaboración seguidos por el conjunto de entrevistados a partir de los caminos individuales. El punto de partida se refiere la instancia en que el estudiante observa el video donde se muestra al giroscopio en movimiento, a partir del cual se resumen estados que pudieron ser identificados en las respuestas y retratados en forma de bloques.



**FIGURA 4.** Esquema elaborado con la categorización de las respuestas, que ayuda a delinear el camino seguido por los estudiantes al enfrentarse con los conceptos necesarios para describir el movimiento del giroscopio.

## V. ANÁLISIS DE LAS ENTREVISTAS

La sorpresa y el impacto generado en los estudiantes fueron los puntos de partida del estudio del giroscopio; identificamos en las entrevistas que la mayoría de los alumnos se muestran interesados en entender cómo el giroscopio puede realizar un movimiento de rotación en un plano horizontal alrededor del único punto de apoyo.

Es importante aclarar que el estudio del giroscopio se aborda al finalizar el semestre y que los conceptos necesarios para comprenderlo son desvelados con anterioridad; a pesar de ello, gran parte de los estudiantes no consiguen, inicialmente, comprender su funcionamiento.

En las entrevistas, los estudiantes tuvieron la oportunidad de expresar sus ideas y aplicar los conocimientos adquiridos a la explicación del movimiento del giroscopio. La mayoría puede describir el dispositivo, e identificar los dos tipos diferentes de velocidades asociadas a su movimiento, y, por más que algunos confundían cuál es cada una de ellas, queda claro que hay una distinción.

En general, los estudiantes utilizan conocimientos adquiridos durante el curso para describir el giroscopio; asocian también las grandezas físicas apropiadas durante la descripción, lo que demuestra que hubo asimilación de conocimientos al aplicarlos a esa nueva situación. Se debe tener en cuenta que la situación no era completamente nueva; los alumnos fueron entrevistados después de la experiencia del giroscopio (algunos de ellos habían cursado la disciplina unos tres años antes), sin embargo, fue llamativo el uso del conocimiento adquirido para explicar su funcionamiento.

Al preguntar sobre que sucedía con la velocidad de precesión del giroscopio, el estudiante recuerda cual fue su respuesta y que cambió al entender el funcionamiento del giroscopio. Ese fue el momento de la entrevista en que se pusieron a prueba sus conocimientos más arraigados. El hecho de imaginar que la velocidad de precesión disminuiría con el tiempo es la afirmación casi unánime y que es totalmente normal imaginar, ya que muchos movimientos tienden a disminuir con el tiempo por causa de las fuerzas de fricción. En esta etapa de la entrevista se observa que también hay un proceso de asimilación; el estudiante utiliza los conocimientos adquiridos, cuando asocia la disminución de la velocidad con las

propiedades de fricción en su sentido más habitual, cuando una fuerza disipadora retarda un movimiento. Es interesante señalar aquí que este experimento es aplicado con anterioridad al estudio del contenido teórico en sala de aula y que fue ideado con la intención de que el alumno pudiese pasar por una segunda situación de sorpresa al construir el gráfico de la velocidad de precesión en función del tiempo.

Las entrevistas apuntaron que algunos estudiantes no respondían espontáneamente sobre que ocurría con el movimiento de precesión del giroscopio con el transcurso del tiempo y preferían hacer un estudio más detallado de la velocidad antes de responder. No fue esa nuestra intención al elaborar el experimento. Pretendíamos inducir un proceso de reflexión, incluso esperábamos que al cometer un error, con la afirmación de que la velocidad de precesión disminuía, los estudiantes se verían interesados por encontrar una explicación.

El momento oportuno de reflexión es cuando el estudiante analiza los valores medidos en el experimento, construye el gráfico y verifica el aumento de la velocidad de precesión. En las entrevistas se observa que la mayoría de los estudiantes que respondieron intuitivamente en contra del hecho real en la etapa inicial, demostraron ser sorprendidos con el aumento de la velocidad del gráfico, creyendo haber cometido errores en el proceso de análisis. Esta actitud era la esperada: el estudiante debía reflexionar sobre el comportamiento del giroscopio y luego entrar en una etapa de adaptación, donde debía utilizar conocimientos nuevos, adquiridos durante el curso, modificando así las concepciones antiguas sobre el movimiento en estudio.

## VI. CONSIDERACIONES FINALES

Es apreciable el interés de la mayoría de los alumnos al ver el giroscopio en movimiento. Ese dispositivo llama la atención y despierta curiosidad. Conceptos relacionados al movimiento de rotación aparecen de forma natural en el discurso de los estudiantes, sin embargo aplicarlos a la explicación del funcionamiento del giroscopio no parece tan trivial.

El experimento logra su objetivo en el momento que causa desequilibrio a los estudiantes. La pregunta inicial de la guía de laboratorio los obliga a razonar sobre la velocidad angular de precesión y su variación. Algunos estudiantes responden intuitivamente, sin elaborar un razonamiento sobre que causa esa variación, al asociar dicho efecto al de la tendencia natural de los cuerpos. Por otro lado se puede observar en los informes entregados que parte de los alumnos sienten miedo de expresar una opinión, optando por analizar la expresión matemática para interpretar cuantitativamente el fenómeno, lo que no está mal, al final de cuentas desde las primeras disciplinas de la graduación se trabaja la idea del razonamiento en contra de la intuición.

La tabla 1 presenta una clasificación de posibilidades de interpretación del movimiento del giroscópico relacionado con las estructuras previas usadas por los estudiantes.

**TABLA I.** Interpretación del esquema de razonamiento sobre el movimiento del giroscopio según las estructuras previas usadas por los estudiantes.

<i>Contacto con el giroscopio --- Desequilibrio</i>	
Explicación usando estructuras previas: El atrito retarda ...	
...la velocidad de spin	... la velocidad de precesión
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfico</li> <li>• estructuras previas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfico</li> <li>• Desequilibrio cognitivo</li> <li>• estructuras previas</li> </ul>
Asimilación – Adaptación	

En general, el esquema de razonamiento de los alumnos sigue dos patrones diferentes. El desequilibrio causado por el movimiento es generalmente intrigante. Hay estudiantes que poseen algún conocimiento previo del fenómeno e interpretan de inmediato que la velocidad de precesión del giróscopo aumenta, y al construir el gráfico de velocidad de precesión en función del tiempo no se deparan con contradicción alguna. Por otro lado, los estudiantes que conservan la idea de que la fricción disminuye cualquier movimiento, y la aplican a la velocidad de precesión, olvidan que quien está sometido a dicha fuerza es el dispositivo de rodamiento del eje de la rueda, que retarda la velocidad de spin. El gráfico de la experiencia los enfrenta a una contradicción con la respuesta inicial, que incita a la necesidad de buscar nuevos conocimientos. Buscamos, con esta experiencia, que los estudiantes adquirieran nuevas estructuras cognitivas.

Diversas estrategias pueden ser usadas con el fin de facilitar la comprensión de un concepto físico. Algunos alumnos comprenden un concepto nuevo con la simple deducción de una ecuación, otros necesitan manejar una herramienta que aplica dicho concepto u observar elementos tales como videos, fotos, etc.

Los planes educativos deben promover el contacto con situaciones reales que puedan ser investigadas y analizadas en el laboratorio. Por otro lado, la adquisición de habilidades de recolección e interpretación de datos es otro objetivo que debería ser debidamente estimulado durante el proceso de enseñanza. El laboratorio virtual propuesto no pretende reemplazar a los laboratorios tradicionales, con objetivos específicos para actividades experimentales. La modalidad aquí relatada es parte de una propuesta complementaria, que pretende establecer un nexo entre la teoría y la experimentación de una manera diferente. Entendemos que este espacio, donde los estudiantes pueden interactuar con una situación experimental, medir, analizar datos y extraer conclusiones de un experimento real, satisface una de las directrices del MEC.

En el proceso de enseñanza se puede utilizar una gran variedad de estrategias con el fin de facilitar la comprensión de un concepto físico. Formulamos el laboratorio virtual como una herramienta educativa adicional, que ayuda a los estudiantes a comprender los fenómenos en estudio. Su aceptación y uso como facilitador del aprendizaje es parte del proceso individual de cada alumno. No existe una única manera de enseñar, pero la búsqueda de diferentes estrategias y materiales, puede colaborar en mejorar esta tarea.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) proceso número: 2014/08206-0.

## REFERENCIAS

King, J. G. (2006). Personal Views of the Beginnings of PSSC and My Film Experiences. *Compadre*. Acceso em 2015.

PSSC (1963). Física - Parte I. [S.l.]: Universidade de Brasília. Texto organizado por Physical Science Study Committee (tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBCEC-UNESCO).

Rudolph, J. L. (2006). PSSC in Historical Context: Science, National Security and American Culture during the Cold War. *Compadre*. Disponible en: <<http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Rudolph.pdf>>. Acceso en: 9 de junio de 2015.

MEC Brasil (2001). Ministério da Educação Conselho Nacional de Educação. *Diretrizes Nacionais Curriculares para os cursos de física*, 2001. Disponible en: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>>. Acceso em: 20 fevereiro 2014.

Oers, V. B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and Instruction* 8(6), pp. 473-488.

Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Galiazzi, M. C., y Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova na Escola* 27(2), pp. 326-331.

Gomes, L. C., & Bellini, L. M. (2009). Uma revisão sobre aspectos fundamentais da teoria de Piaget: possíveis implicações para o ensino de física. *Revista Brasileira de ensino de Física*, 31(2), pp.230101-230110.

Becker, F. (1997). *Da ação à operação: o caminho da aprendizagem em Jean Piaget e Paulo Freire*. DP&A. Rio de Janeiro.

Ausubel, P. D. (1978). *Psicología Educativa*. Trillas. México. p.4.

Piaget, J. (1976). *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar.



Matos, A. A. (2008). Fundamentos da Teoria Piagetiana: Esboço de um Modelo. *Revista Ciências Humanas*, 1 (1), pp.1-13.

Fonseca, M., Maidana, N., Severino, E. Z., Barros, S. F., Senhora, G. G., y Vanin, V. R. (2013). O Laboratório Virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(4), pp.450301-450310.