

Fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado



Sergio Diago, Cindy Osorio, Paola Ricardo

Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Calle 72 No. 11- 86, Bogotá, Colombia.

E-mail: sergiodiago@gmail.com

(Recibido el 23 de Septiembre de 2013, aceptado el 19 de Febrero de 2014)

Resumen

Se construyó un dispositivo experimental que consistió en un carro dinámico que poseía un péndulo en su interior, de una cámara de video y del software Tracker Video Analysis; por medio del uso del dispositivo se buscó que los estudiantes de los cursos de taller de mecánica y mecánica II de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional comprendieran qué son los marcos de referencia inercial y no inercial para establecer cuando se puede introducir el término de fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Para lograr este objetivo, con una masa que caía verticalmente y que estaba atada por medio de una cuerda a uno de los extremos del carro, éste fue acelerado a la vista de los estudiantes para que observaran el comportamiento del péndulo, con esto, se buscó que tuvieran claro lo que es el marco de referencia inercial, luego se ubicó una cámara de video en el móvil para grabar el comportamiento del péndulo cuando comenzó su movimiento. Finalmente, por medio del software se desglosó el video registrado en una secuencia de imágenes que sirvieron para ubicar a cada estudiante en el marco de referencia no inercial, además de que se pudo evidenciar la influencia de la fuerza ficticia sobre el péndulo.

Palabras clave: Dispositivo experimental, marcos de referencia inercial y no inercial, fuerza ficticia.

Abstract

Experimental device was constructed consisting of a car that had a pendulum dynamic inside of a video camera and Tracker Video Analysis Software, by use of the device was sought that students of mechanical workshop courses and Bachelor mechanics II Physics National Pedagogical University understand what frames are inertial and non-inertial reference to establish when you can introduce fictitious force term uniformly accelerated rectilinear motion. To achieve this objective, with a mass falling vertically and was tied by a string to one end of the car, this was accelerated in view of the students to observe the behavior of the pendulum, with this, is sought they had clear what is the inertial reference frame, later started a video camera on the mobile to record the behavior of the pendulum when it began its movement. Finally, through the software the recorded video was broken down into a sequence of images that were used to place each student in the non-inertial reference frame, and it was evident that the influence of the fictitious force on the pendulum.

Keywords: Experimental device, inertial reference frames and non-inertial fictitious force.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Cuando una persona B se transporta en un vehículo, al comenzar su movimiento, siente que algo la aferra al espaldar del asiento; cuando el móvil frena, siente que algo la despega del espaldar. Para una persona A que se encuentra en reposo y fuera del móvil, esta influencia no va a ser percibida, de este análisis se dice que la persona A está ubicada en un marco de referencia inercial y la persona B se encuentra ubicada en un marco de referencia no inercial, esto ocurre cuando se pone en movimiento o frena el vehículo, por lo que se presenta una aceleración o una desaceleración y la influencia percibida recibe el nombre de *fuerza ficticia*, a la que también se le llama *fuerza inercial* o *seudofuerza* y se caracteriza por la ausencia de interacción física entre cuerpos o partículas.

Para llevar este ejemplo de la cotidianidad al aula de clase, se diseñó un dispositivo experimental, que consiste de un carro dinámico con una cámara de video sujeta a éste y un péndulo en su interior para estudiar su comportamiento cuando el carro es acelerado por una masa atada a uno de sus extremos y que cae verticalmente desde la cima de una mesa. La función principal de la cámara de video es ubicar al estudiante en el marco de referencia no inercial, para que observe la manifestación de la fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. El video grabado, se desglosa en imágenes por medio del software Tracker Video Analysis¹ [1], lo que permite hacer un estudio minucioso del comportamiento del péndulo.

¹ El Software Tracker es libre, es un proyecto de OPS (Open Source Physics) y puede distribuirse y/o modificarse bajo los términos de la Licencia Pública General GNU.

II. MARCO DISCIPLINAR

A. Las fuerzas ficticias

Para comprender claramente lo que son las fuerzas ficticias se formularon dos preguntas centrales: ¿Qué son? y ¿Cuántas existen?

Para la primera: estas fuerzas se manifiestan en la naturaleza cuando no existe interacción física sobre un cuerpo o partícula, para que este fenómeno se lleve a cabo, es necesario que el cuerpo o la partícula en estudio se encuentre en un marco de referencia no inercial, es decir, posea una aceleración; y para la segunda pregunta: dependiendo del tipo de movimiento que describe el objeto se puede establecer una y hasta dos fuerzas ficticias. Si un objeto se mueve con aceleración constante y en línea recta, aparece una fuerza ficticia y cuando un objeto se encuentra en un movimiento circular uniforme o acelerado, aparecen dos fuerzas ficticias, la que hace que el objeto se mueva radialmente hacia afuera llamada fuerza centrífuga y otra que hace que el objeto se mueva en dirección apuesta a la dirección del movimiento llamada fuerza de Coriolis.

B. Sistemas uniformemente acelerados

Si se ubica un observador en un sistema que se acelera a razón de a con respecto a un marco inercial de referencia, se puede afirmar que

$$m\vec{a}_B = m\vec{a}_A - m\vec{a},$$

$$\vec{F}_B = \vec{F}_A + \vec{F}.$$

La fuerza \vec{F} se puede llamar fuerza ficticia y se denota como \vec{F}_{fict} , donde

$$\vec{F}_{fict} = -m\vec{a}. \quad (1)$$

La fuerza ficticia experimentada en un sistema acelerado uniformemente es proporcional a su masa, como la fuerza gravitacional.

Estas fuerzas se originan en la aceleración de los sistemas de coordenadas, no en la interacción entre los cuerpos. Un ejemplo claro que explica la aparición de la fuerza ficticia es el de un móvil que se acelera constantemente el cual, en su interior contiene una masa que cuelga de una cuerda como el mostrado en la figura 1.

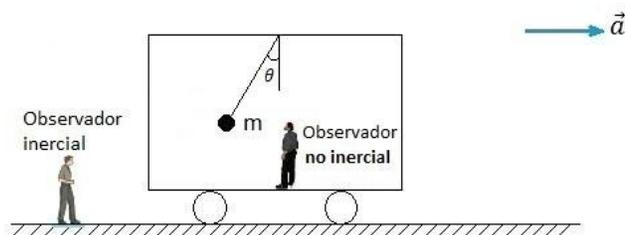


FIGURA 1. Esquema de un móvil que se acelera constantemente, en su interior se encuentra una masa que cuelga de una cuerda y es observada por un observador inercial y otro no inercial.

Si el observador inercial quisiera estudiar las fuerzas que operan sobre la masa m , dibujaría el diagrama de cuerpo libre obteniendo el diagrama mostrado en la figura 2.

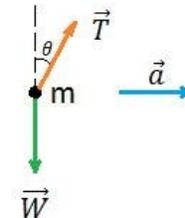


FIGURA 2. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan sobre la masa m según el observador inercial.

La sumatoria de fuerzas en el eje horizontal $\sum \vec{F}_x$ son:

En forma vectorial

$$\vec{T}_x = m\vec{a}.$$

En forma escalar

$$T \text{sen}\theta - ma = 0. \quad (2)$$

La sumatoria de fuerzas en el eje vertical $\sum \vec{F}_y$ son:

En forma vectorial

$$\vec{T}_y + \vec{W} = 0.$$

En forma escalar

$$T \text{cos}\theta - mg = 0. \quad (3)$$

Si el observador no inercial quisiera estudiar las fuerzas que operan sobre la masa del péndulo, dibujaría el diagrama de cuerpo libre obteniendo el diagrama mostrado en la figura 3.

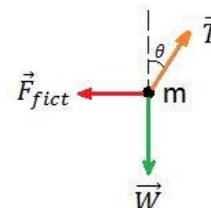


FIGURA 3. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan sobre la masa m según el observador no inercial.

Sumatoria de fuerzas en el eje horizontal $\sum \vec{F}_x$ son:

En forma vectorial:

$$\vec{T}_x + \vec{F}_{fict} = 0.$$

En forma escalar:

$$T \sin \theta - F_{fict} = 0. \quad (4)$$

Sumatoria de fuerzas en el eje vertical $\sum \vec{F}_y$ son:

En forma vectorial:

$$\vec{T}_y + \vec{W} = 0.$$

En forma escalar:

$$T \cos \theta - mg = 0. \quad (5)$$

Con el uso de las ecuaciones 2, 3, 4 y 5 se puede hallar el valor de la fuerza ficticia si se conoce el valor de la masa y el ángulo de deflexión del péndulo [2].

III. POBLACIÓN

Se realizó la implementación del dispositivo experimental en los cursos de taller de mecánica y mecánica II de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, los cuales tienen la finalidad de abordar los conceptos de mecánica newtoniana como: movimiento rectilíneo, movimiento circular, leyes de Newton, Principio de conservación de la energía, momentum, entre otros; estas temáticas son imprescindibles para el estudio de las fuerzas ficticias.

IV. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo consistió en tres etapas bien definidas: etapa de diseño, etapa de implementación y la etapa de análisis de resultados.

A. Etapa de diseño

Dentro de esta etapa, se diseñó y construyó *el montaje experimental* para el estudio de la fuerza ficticia presente en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, el cual, consiste en un carro dinámico como el mostrado en la figura 4. Éste posee unos brazos o extensiones que permiten la fijación de una cámara de video, al interior del carro se encuentran: un transportador para medir el ángulo de deflexión del péndulo cuando se presente una aceleración producida por una masa que cae verticalmente y que está atada a uno de los extremos del carro por medio de una cuerda. Este dispositivo posee la cualidad de ser lo suficientemente resistente a una manipulación brusca debido a que está constituido por materiales como el acrílico, lo cual es importante al momento de detener el carro justo antes de que se estrelle contra una polea que permite el cambio de dirección de la tensión producida en la cuerda que lo une con la masa de arrastre que cae verticalmente.

La introducción del montaje experimental al aula de clase tuvo como finalidad que los estudiantes logaran una comprensión clara de los conceptos de: marco de referencia

Fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado inercial, marco de referencia no inercial y fuerza ficticia. También se diseñó un *documento orientador* donde se muestra una ruta de trabajo para los estudiantes como: lectura motivadora sobre los conceptos que se abordan dentro del estudio de la fuerza ficticia presente en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, descripción de la práctica de laboratorio, descripción del montaje experimental y una serie de preguntas que dieran cuenta del progreso en el aprendizaje del término de fuerza ficticia por parte de los estudiantes; cada una de las preguntas se formularon con un objetivo específico, en la Tabla I se muestran las preguntas con sus respectivos objetivos.



FIGURA 4. Imagen del carro dinámico con un péndulo al interior y una videocámara.

TABLA I. Preguntas y objetivos buscados durante la implementación.

Pregunta	Objetivo
<ul style="list-style-type: none"> Un móvil que posee en su interior un péndulo se acelera de forma constante en el tiempo. ¿Qué posición cree que tendrá el péndulo? 	<ul style="list-style-type: none"> Conocer el saber inicial de los estudiantes acerca de la influencia de la fuerza ficticia que actúa sobre el péndulo.
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué tipo de movimiento se puede analizar con el montaje experimental? 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer los tipos de movimiento que proponen los estudiantes basados en el montaje.
<ul style="list-style-type: none"> Para aumentar la velocidad del móvil en el tiempo ¿Qué se haría? 	<ul style="list-style-type: none"> Indagar lo que piensan los estudiantes acerca del efecto que produce el aumento del valor la masa de arrastre.
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué ocurre con el péndulo al interior del móvil si este se acelera? y ¿Cuál sería la posición? 	<ul style="list-style-type: none"> Sondear las respuestas de los estudiantes con respecto al fenómeno observado.

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe alguna fuerza al interior del móvil cuando este se acelera? ¿Cuál es? 	<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar si los estudiantes introducen el término fuerza ficticia.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se podría variar esa fuerza si existe? 	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir las causas por las que se puede variar la fuerza ficticia.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la relación que hay entre la deflexión del péndulo y las masas de arrastre? 	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer la relación directa entre la masa del péndulo y la masa de arrastre.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué variable es dependiente y cuál es independiente? 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer que la fuerza ficticia es variable dependiente y la aceleración es independiente.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de gráfica se obtiene de esta relación? 	<ul style="list-style-type: none"> • Deducir el tipo de gráfica que se puede obtener, que en este caso será una línea recta.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué otras variables tanto dependientes como independientes pueden haber? 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar otros tipos de variables tanto dependientes como independientes presentes en el fenómeno como: una variable independiente es la masa del péndulo y las dependientes: el ángulo de deflexión y la tensión sobre en la cuerda del péndulo.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se podrían calcular las variables dependientes? 	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar que mediante la dinámica, al realizar el diagrama de cuerpo libre y teniendo en cuenta las componentes de las fuerzas sobre los ejes coordenados se pueden calcular las variables dependientes.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tipo de gráficas se obtienen de la relación entre las variables dependientes con las independientes? 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender la relación lineal existente entre las variables involucradas en el fenómeno y que las gráficas son líneas rectas.

B. Etapa de implementación

Se realizó una explicación general de los tipos de marcos de referencia enfatizando en las características de los mismos en términos de sus variables (posición, velocidad y aceleración). La clase mantuvo el hilo conductor donde el grupo de trabajo fue guiado por una ruta explicativa con preguntas basadas en la cotidianidad, permitiendo al estudiante plantearse interrogantes y generar su explicación conceptual.

Se conformaron grupos de trabajo de cuatro a cinco personas a los que se les hizo entrega de un documento orientador que brindó una ruta didáctica para introducir al estudiante en el estudio de la fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

C. Etapa de análisis

En esta etapa se recopilaron los documentos orientadores que cada grupo de trabajo respondió, luego se hizo la respectiva categorización y triangulación a las respuestas obtenidas para así, obtener conclusiones acerca de lo que los estudiantes lograron aprender acerca de la fuerza ficticia presente en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

V. RESULTADOS

Para facilitar el análisis se tomó cada documento orientador respondido y se enumeró en orden de 1 a 7.

La primera pregunta se formuló para que los estudiantes la respondieran antes del comienzo de la actividad experimental y se obtuvo el siguiente resultado:

Pregunta 1:

- Un móvil que posee en su interior un péndulo se acelera de forma constante en el tiempo. ¿Qué posición cree que tendrá el péndulo?

Seleccione una de las tres opciones posibles y escriba porqué.

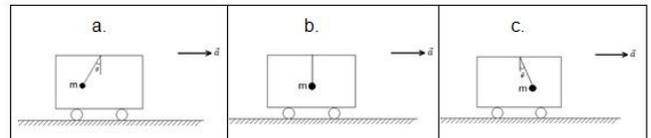


FIGURA 5. Opciones de respuesta a la pregunta 1 del documento orientador.

De siete grupos que respondieron la pregunta se pudo evidenciar que:

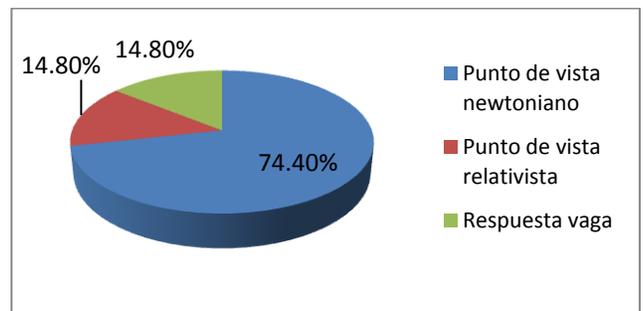


FIGURA 6. Tendencia de respuesta de los grupos a la pregunta 1.

Los siete grupos respondieron la opción **a**, que es la acertada; de ellos, seis la explicaron basándose en las leyes de Newton, algunos nombraron la ley de inercia² y la ley de cambio de movimiento proporcional a la fuerza motriz impresa sobre el objeto³ [3]. Un grupo sólo escribió que a mayor masa, mayor ángulo de deflexión, pero no especificó que masa era, si la del péndulo o la masa que acelera el carro por lo que se considera una respuesta vaga. Otro grupo propuso una explicación desde un punto de vista relativista en donde nombraron dos observadores, el que ese ubica fuera del carro y el que se ubica dentro del mismo donde se describe lo que ocurre al péndulo cuando el carro se acelera.

Las siguientes preguntas formuladas, se respondieron a partir del uso del dispositivo experimental y del software Tracker Video Analysis.

Pregunta 2:

- ¿Qué tipo de movimiento se puede analizar con el montaje experimental?

En la figura 7 se puede evidenciar la tendencia de los resultados obtenidos por los grupos de trabajo.

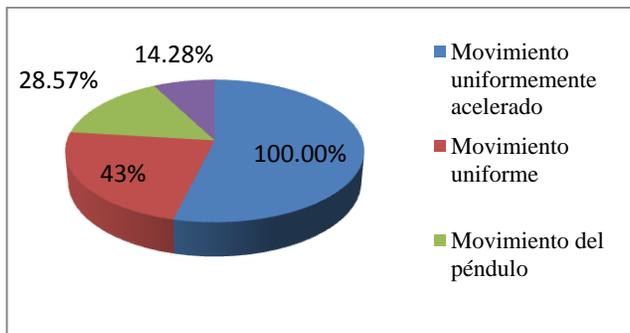


FIGURA 7. Tendencia de respuesta de los grupos a la pregunta 2.

Los siete grupos respondieron que el movimiento que se puede analizar es el rectilíneo uniformemente acelerado, de ellos: tres grupos añadieron que “*el movimiento uniforme*” sin especificar cuál, dos grupos afirmaron que se podía estudiar el movimiento armónico del péndulo y un grupo afirmó la clase de movimiento que se puede analizar según los marcos de referencia son:

- Dentro del carro: movimiento inercial.
- Fuera del carro con velocidad constante: movimiento inercial.
- Fuera del carro con aceleración: movimiento no inercial.

De las afirmaciones anteriores la primera es incorrecta debido a que si el observador se ubica dentro del carro es no inercial.

Pregunta 3:

² Cuatro grupos nombraron la ley de inercia.

³ Un grupo nombró esta ley.

Fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

- Para aumentar la velocidad del móvil en el tiempo ¿Qué se haría?

Grupo 1.

Respuesta: Incrementando la aceleración del móvil a través de masas colgantes que halan el móvil por medio de una cuerda.

Esta respuesta es válida, solo que faltó afirmar que para aumentar el valor de la aceleración del móvil habría que aumentar el valor de la masa colgante o de arrastre.

Grupo 2.

Respuesta:
 - Aumentaría el peso de la polea.
 - Disminuiría el ángulo de inclinación.

Las dos respuestas son erradas debido a que la polea lo que hace es cambiar la dirección de la tensión de la cuerda que une el carro con la masa de arrastre y la segunda respuesta hace referencia a un movimiento en un plano inclinado, lo cual, no aplica a la práctica.

Grupo 3:

Respuesta: Aplicar una fuerza externa, colocando una masa mayor a la del carro, o variando la distancia entre las dos masas.

En esta respuesta no especifican dónde se debe colocar la masa mayor a la del carro y la afirmación de “*variar la distancia entre las dos masas*” es vaga, además de incorrecta.

Grupo 4.

Respuesta: Aumentar la distancia, la altura y la masa.

No especifican a qué se le debe aumentar la distancia, ni la altura, ni la masa y tampoco explican el porqué de hacer estas variaciones.

Grupo 5.

Respuesta: Aumentar el desplazamiento del móvil.

Esta respuesta es incorrecta, lo que debieron responder es: aumentar la masa de arrastre.

Grupo 6:

Respuesta: Aumentar la masa que es directamente proporcional a la fuerza, en este caso la velocidad.

Esta respuesta se acerca a la buscada que era aumentar la masa de arrastre.

Grupo 7:

Respuesta: Aumentar la fuerza
 Es una respuesta vaga.

De las respuestas anteriores se puede establecer que la mayoría de grupos tuvo idea de cómo se puede acelerar el carro dinámico cuando afirmaron que con el aumento de la masa de arrastre o aumentando la fuerza sobre el carro se logra la aceleración del mismo. Otros estuvieron bastante distantes de la respuesta correcta ya que afirmaron que con el aumento de la distancia se logra variar la velocidad del carro.

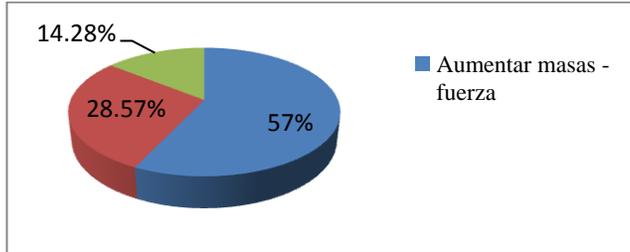


FIGURA 8. Tendencia de las respuestas a la pregunta 3.

Pregunta 4.

- ¿Existe alguna fuerza al interior del móvil cuando este se acelera? ¿Cuál es?

Seis grupos respondieron que la fuera ficticia y uno, especificó que dependiendo del marco de referencia se manifiestan determinadas fuerzas así: *“Depende del marco de referencia. Si es inercial o no inercial; cuando estoy en el marco de referencia inercial si existen fuerzas dentro del carro que son las leyes generales del movimiento; en el marco de referencia no inercial si existen fuerzas llamadas fuerzas ficticias”*.

Todas las respuestas de los grupos fueron acertadas, por lo que se puede afirmar que a medida que transcurrió la práctica, se fue asimilando el concepto de fuerza ficticia y cuándo es que esta aparece.

Pregunta 5.

- ¿Cómo se podría variar esa fuerza si existe?

Los siete grupos respondieron que variando la aceleración, de ellos: dos grupos añadieron que *“variando la masa”*, pero no especificaron si la masa de arrastre o la masa del péndulo, un grupo añadió: *“alargando la cuerda del péndulo”*.

Las respuestas son vagas; los grupos que respondieron que aumentando la aceleración se acercan a la respuesta correcta, pero no explicaron cómo se podría aumentar.

Pregunta 6.

- ¿Qué relación hay entre el péndulo y las masas de arrastre?

Seis de los grupos respondieron que la relación existente entre el péndulo y la masa de arrastre es una proporción directa, a mayor masa se presenta una mayor deflexión del péndulo; un grupo de ellos respondió que entre mayor masa

de arrastre hay una mayor elongación del péndulo. Un grupo no respondió la pregunta.

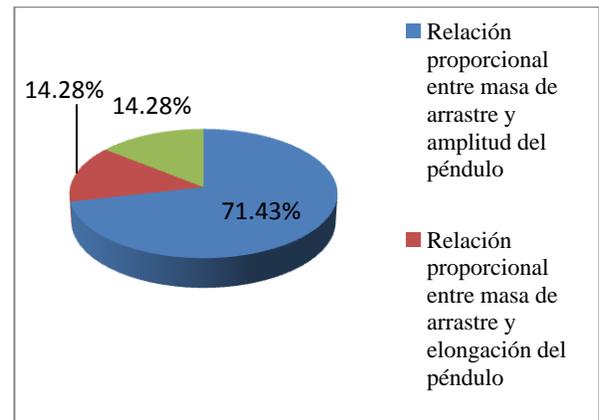


FIGURA 9. Tendencia de respuestas a la pregunta 6.

Ante esta pregunta se puede observar que cinco de los grupos, excepto uno que no respondió la pregunta, están en lo cierto cuando afirmaron que entre mayor masa de arrastre, mayor elongación presenta el péndulo. Uno de ellos afirmó que entre mayor masa, mayor elongación, lo que es una afirmación incorrecta.

Pregunta 7.

- ¿Qué variable es dependiente y cuál es independiente?

De los siete grupos se evidenciaron las siguientes respuestas:

Grupo 1.

Respuesta: Masa es dependiente

Grupo 2.

La variable dependiente es el ángulo que se genera al oscilar el péndulo, y la independiente es la masa.

Grupo 3.

Respuesta: Masa = independiente.
Ángulo péndulo = Dependiente

Grupo 4.

Respuesta: Tiempo y masa (independientes). Aceleración, fuerza, velocidad y ángulo de inclinación (no especifican si son variables dependientes o independientes).

Grupo 5.

Respuesta: Dependiente = Masa y aceleración.
Independiente = Ángulo.

Dos grupos no respondieron.

Según los resultados obtenidos para esta pregunta, resulta difícil para los grupos en general, establecer qué variables son dependientes y cuáles son independientes en la práctica experimental; solo el 28,57 % afirmó que la masa de arrastre

es variable independiente y que el ángulo de deflexión del péndulo es una variable dependiente.

Pregunta 8.

- ¿Qué tipo de gráfica se obtiene de esta relación?

Un grupo respondió que una parábola, otro: que oscilación u onda y otro: una cuadrática. Cuatro grupos no respondieron.

Teniendo en cuenta las pocas respuestas de los grupos, se evidencia que no habían interactuado con este tipo de dispositivo, debido a que son erradas. Se esperaba que afirmaran que la gráfica sería una línea recta.

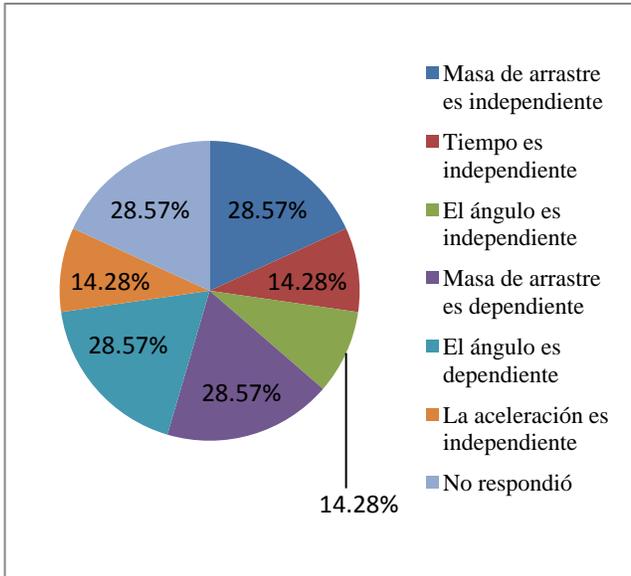


FIGURA 10. Tendencia de respuesta de los grupos a la pregunta 7.

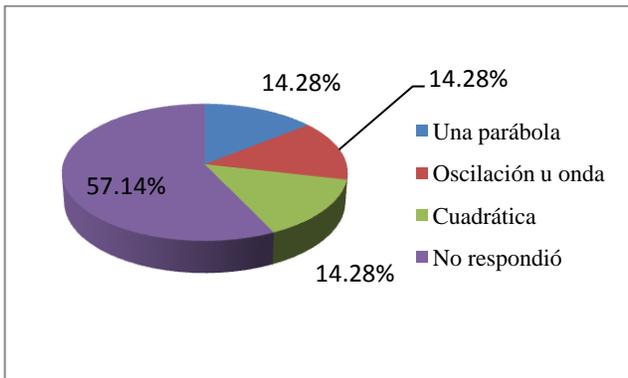


FIGURA 11. Tendencia de respuesta a la pregunta 8.

Pregunta 9

- ¿Qué otras variables tanto dependientes como independientes pueden haber?

Un grupo respondió que: una variable independiente podría ser el largo de la cuerda, otro respondió: velocidad es variable dependiente y aceleración es variable independiente y otro: fuerzas ficticias. Cuatro grupos no respondieron.

Fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

De las preguntas respondidas, no afirman nada nuevo; la respuesta de uno de los grupos habla acerca de la variación de la cuerda, pero no especifican cuál, si la del péndulo o la cuerda que une al carro con la masa de arrastre.

Pregunta 10

- ¿Cómo se podrían calcular las variables dependientes?

Un grupo respondió que: Tabulando datos y encontrando una relación. Seis grupos no respondieron.

Se puede concluir que debido al desconocimiento por parte de los estudiantes sobre la fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, no respondieron la pregunta y la única respuesta encontrada, no dice nada, solo lo que se podría hacer en caso de que se encontraran más variables en el experimento.

Pregunta 11

- ¿Qué tipo de gráficas se obtienen de la relación entre las variables dependientes con las independientes?

Ningún grupo respondió a la pregunta.

VI. CONCLUSIONES

En la implementación se evidenció un desconocimiento por parte de los estudiantes acerca de los términos de fuerza ficticia y marcos de referencia inercial y no inercial.

La práctica experimental propició en los estudiantes la reflexión en lo que tiene que ver con el estudio de la fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, de cuándo es que esta aparecen dependiendo del marco de referencia en el que el observador se encuentre ubicado; además ayudó a que ellos asociaran fenómenos involucrados en los experimentos con los que a diario evidencian en la naturaleza como: abordar un medio de transporte y sentir la fuerza ficticia que los empuja hacia atrás cuando este acelera.

El uso del software Tracker sirvió para los estudiantes pudieran evidenciar la relación existente entre la aceleración del carro con el comportamiento del péndulo en su interior, debido a que cuando se hizo el desglose de las imágenes del video, se observó claramente el ángulo de deflexión del péndulo.

La gran mayoría de respuestas dadas por los estudiantes no tenían una explicación clara del fenómeno observado en la práctica, escribieron como respuesta palabras como: aceleración, masa, tiempo, velocidad, distancia, pero no explicaron la forma en que estas variables se comportaron en el dispositivo experimental.

Las últimas preguntas en su mayoría no fueron respondidas debido a la falta de tiempo, ya que los estudiantes tuvieron dificultades para poder asimilar lo que son los marcos de referencia inercial y no inercial al inicio de la práctica, por lo que se debió dedicar bastante tiempo a

aclearar estos términos por parte de los expositores y de la profesora titular.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al profesor Carlos Mario Montes Jiménez por las correcciones y asesorías dadas para la redacción y formulación del documento orientador, la construcción del dispositivo de la práctica y la elaboración del artículo.

A la profesora Marina Garzón Barrios por brindar los espacios de tiempo para realizar la implementación en los cursos de taller de mecánica y mecánica II, además de ayudar a aclarar dudas de los estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] Software Tracker Video Analysis and Modeling Tool, <<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>>, consultado el 14 de septiembre de 2013 de:
- [2] Kleppner, D., & Kolenkow, R. *Noninertial systems and fictitious forces*. *International Student* (Ed.), An Introduction to Mechanics, (McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokio, 1973), pp. 339 – 375.
- [3] Tipler P. A., *Física tomo 1*, (Ed. Reverte, España, 1994).

ANEXO

DOCUMENTO ORIENTADOR

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física, Taller de mecánica.

FUERZA FICTICIA EN UN MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

OBJETIVO

Establecer la diferencia entre marco de referencia inercial y marco de referencia no inercial para introducir el concepto de fuerza ficticia.

MOTIVACIÓN

Cuando nos transportamos en un vehículo, al comenzar su movimiento, sentimos que algo nos aferra al espaldar del asiento; cuando el móvil frena, sentimos que algo nos despega del espaldar. Para una persona que se encuentra fuera del móvil, esta influencia no va a ser percibida debido a que se encuentra en reposo con respecto a la persona ubicada al interior del vehículo, de este análisis se dice que la persona en reposo está ubicada en un marco de referencia

inercial y la persona que se encuentra en el móvil se ubica en un marco de referencia no inercial debido a que cuando se pone en movimiento o frena el vehículo, se presenta una aceleración o una desaceleración.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

Mediante el uso de un dispositivo experimental que consiste en un carro dinámico que posee un péndulo en su interior, de una cámara de video y del software Tracker Video Analysis, se pretende que el estudiante se ubique en los marcos de referencia inercial y no inercial para poder establecer cuando se puede introducir el concepto de fuerza ficticia. Primeramente se acelera el carro dinámico a simple vista para observar lo que ocurre al péndulo y así mismo tenga se claro lo que es el marco de referencia inercial, luego se ubica una cámara de video en el móvil, la cual, filmará el comportamiento del péndulo al tiempo que se acelera el carro. Por medio del software Tracker, se desglosa el video registrado en secuencia de imágenes que servirán para ubicar al estudiante en el marco de referencia no inercial en donde podrá darse cuenta de la aparición de la fuerza ficticia.

MONTAJE

En la figura 1 se muestra la imagen del carro dinámico con un péndulo en su interior y una cámara de video sujeta al mismo. La cámara es sujeta por unos brazos móviles que permiten su adecuada ubicación al momento de realizar la grabación. La intención de la práctica experimental es acelerar el carro por medio de una masa que cae verticalmente, con ayuda de una polea se cambia la dirección de la tensión de un hilo o nylon que sujeta el carro y la masa.



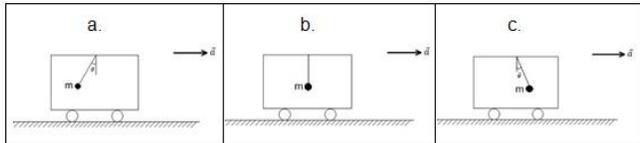
FIGURA 1. Imagen del carro dinámico con un péndulo al interior y una videocámara.

ANTES DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Escriba lo que piensa acerca de:

- Un móvil que posee en su interior un péndulo se acelera de forma constante en el tiempo. ¿Qué posición cree que tendrá el péndulo?

Seleccione una de las tres opciones posibles y escriba porqué.



DURANTE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Analice las siguientes situaciones teniendo en cuenta el montaje experimental de la figura anterior.

- ¿Qué tipo de movimiento se puede analizar con el montaje experimental?
- Para aumentar la velocidad del móvil en el tiempo ¿Qué se haría?
- ¿Qué ocurre con el péndulo al interior del móvil si éste se acelera? y ¿Cuál sería la posición?
- ¿Existe alguna fuerza al interior del móvil cuando este se acelera? ¿Cuál es?
- ¿Cómo se podría variar esa fuerza si existe?

Fuerza ficticia en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

- ¿Cuál es la relación que hay entre el péndulo y las masas de arrastre?
- ¿Qué variable es dependiente y cuál es independiente?
- ¿Qué tipo de gráfica se obtiene de esta relación?
- ¿Qué otras variables tanto dependientes como independientes pueden haber?
- ¿Cómo se podrían calcular las variables dependientes?

BIBLIOGRAFÍA

- Hodson, D. (1994). *Aprendizaje de las ciencias, Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Toronto (Canadá): The Ontario Institute For Studies in Education.
- Kleppner, D., & Kolenkow, R. (1973). *Noninertial systems and fictitious forces*. International Student (Ed.), An Introduction to Mechanics. (pp. 339 – 375). Tokio: McGraw_Hill Kogahusha. Ltd.
- Sears, F., Zemansky, M., & Young, H. (1989). *Movimiento en un plano*. Addison – Wesley Iberoamérica (Ed), Física universitaria. (pp. 96 – 134). Mexico: Editora de Periódicos, S. C. L.
- Serway, R., (1992). *Movimiento circular y otras aplicaciones de las leyes de Newton*. McGraw Hill/Interamericana de México, S.A (Ed), Física, tomo 1. (pp. 131 – 154). México: Impresora y Maquiladora de Libros MIG. S.A de C.V.
- Tipler, P. (1990). *Aplicaciones de las leyes de Newton*. Reverté (Ed.), Física, tomo 1. (pp. 175 – 178). Colombia: Presencia.