

# Explicación con experimentos sencillos y al alcance de todos de la primera ley de Newton (la ley de la inercia), así como la diferencia entre inercia e inercialidad



J.Vila<sup>1</sup>, C.J. Sierra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física Aplicada 1, Universidad del País Vasco, España.

<sup>2</sup>Escuela Secundaria "Los Peñascales", Madrid, España.

**E-mail:** jesusvila@hotmail.com

(Recibido el 19 de Junio de 2008; aceptado el 6 de Agosto de 2008)

## Resumen

En este trabajo se proponen la realización de diferentes experimentos demostrativos, mediante los cuales logramos la base para explicar la esencia de la primera ley de Newton, la diferencia entre inercia e inercialidad, para terminar con la introducción del concepto masa. Estos experimentos son sencillos y que cualquiera puede acceder a ellos, es decir, experimentos de bajo costo económico pero con enorme valor desde un punto de vista pedagógico.

**Palabras clave:** Ley de la Inercia, diferencia entre inercia e inercialidad, experimentos de alto valor pedagógico.

## Abstract

In this particular work the realisation of different demonstratives researches are propose, through them we can stand the base for the explanation of the essence of the first law of Newton, the difference between inertia and inertness, to finish with the introduction of mass concept. This experiments are very simple and any one may have access to the, in other words, this experiments are real cheap economical speaking, but of a very great value from pedagogical point of view.

**Keywords:** Law of inertia, difference between inertia and inertness, experiments of a very great value from pedagogical point of view.

**PACS:** 01.30.L-, 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.40.gf, 01.50.My

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la Dinámica de la partícula se basa se basa en los tres principios fundamentales enunciados por Newton: 1º Principio de la inercia. 2º principio de acción de fuerzas. 3º Principio de la acción y de la reacción.[1, 2]. Los principios filosóficos-físicos contenidos en ellas han sido siempre objeto de análisis y discusión por los físicos más eminentes ya que en rigor no son principios que puedan comprobarse directamente por medio de experiencias realizadas en el laboratorio, sino solamente a través de las consecuencias que de ellos se derivan [2].

La esencia de la Ley de la inercia se puede encontrar en prácticamente todos los textos de Física [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Sin embargo, la diferencia entre inercia e inercialidad no se encuentra en muchos textos [9, 10], lo que crea ciertos problemas de comprensión a los estudiantes, sobretodo cuando se introduce la definición de masa.

La 1ª Ley de Newton acerca del movimiento mecánico o la denominada Ley de Inercia expresa [9]: "El estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo se

mantiene mientras sobre él no actúan otros cuerpos o la influencia de éstos se compensan".

En esta definición se consideran dos situaciones. En primer lugar el caso en que el cuerpo no interactúe con otro y, en segundo lugar, cuando al interactuar, las acciones que se ejercen sobre el mismo se compensan. El análisis de ambas situaciones tiene un gran valor para comprender que el estado natural de los cuerpos es el movimiento y que éste es una propiedad intrínseca de los mismos. Para que un cuerpo se mueva con velocidad constante no se necesita ninguna fuerza motriz interna, por consiguiente el estado natural de los cuerpos es el movimiento, es decir, la causa de la variación del estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo no puede encontrarse en el propio cuerpo sino en un agente externo. La experiencia que los alumnos tienen de su vida cotidiana entra en aparente contradicción con la esencia de la primera ley. El hecho de que los cuerpos conservan el estado de reposo si sobre ellos no actúan otros cuerpos o si sus acciones se encuentran compensadas entre sí, no crea duda en los alumnos. Lo más difícil para ellos es entender que los cuerpos conservan su velocidad constante en estas condiciones.

Desde el punto de vista metodológico, la dificultad existente en el estudio de la Ley de la Inercia está relacionada con la imposibilidad de crear las condiciones ideales en las cuales esta ley se cumple “exactamente”. Es necesario que los alumnos comprendan que ni un sólo experimento puede confirmar la ley de inercia con una exactitud absoluta. Los experimentos sólo confirman que mientras menor sea la interacción, tanto menos cambiará la velocidad del cuerpo. Si continuamos este tipo de razonamiento (sobre la base de la abstracción o idealización) pudiéramos concluir que si sobre el cuerpo no actúan otros cuerpos, él conservará su estado de movimiento.

Por inercia se entiende el fenómeno de la conservación de la velocidad del movimiento de un cuerpo cuando las acciones exteriores se compensan mutuamente. Todos los cuerpos poseen inercia en igual grado [10]. No se puede decir que un cuerpo posea la propiedad de la inercia en un grado mayor que otro. Por inercialidad se entiende la capacidad que tienen diferentes cuerpos de adquirir diferentes aceleraciones bajo una misma acción exterior o acciones exteriores iguales. Para diferentes cuerpos esta propiedad se manifiesta en diferente grado.

## II. EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON LA LEY DE LA INERCIA

Inicialmente se pueden proponer dos experimentos propuestos por Galileo [4, 9]:

### A. Experimento 1: Péndulo de Galileo

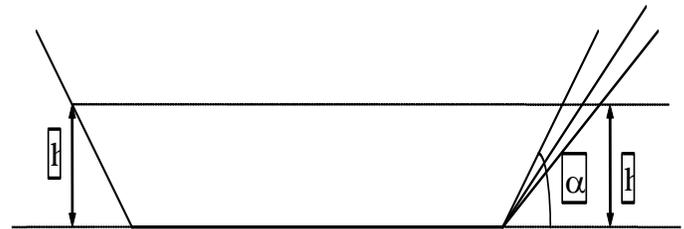
Mantener un péndulo frente a la pizarra del aula de Física de modo que podamos incluirlo en escena oportunamente y retirarlo cuando no esté en uso, colgándolo en una hembrilla. El péndulo oscilando posee poderes incluso hipnóticos y permite referir paralelamente a las oscilaciones, relatos con la atención asegurada. Si trazamos una línea horizontal a lo largo de toda la pizarra y dejamos caer desde un extremo la esfera pendular, el grupo seguirá la pista de la esfera y advertirá su llegada a la misma altura en el lado simétrico. Si interrumpimos la oscilación con el dedo interpuesto ante el hilo a diferentes alturas, los estudiantes seguirán ahora la oscilación y advertirán en cada caso la llegada a la misma altura inicial, independientemente de la trayectoria de la esfera y llegando entonces a la conclusión de que “el camino por el que cae el cuerpo no varía la velocidad, la velocidad depende sólo de la altura desde donde el cuerpo ha caído”.



**FIGURA 1.** Péndulo de Galileo. Se muestra que la esfera siempre llega a la misma altura en el lado simétrico, independientemente de dónde coloquemos el obstáculo.

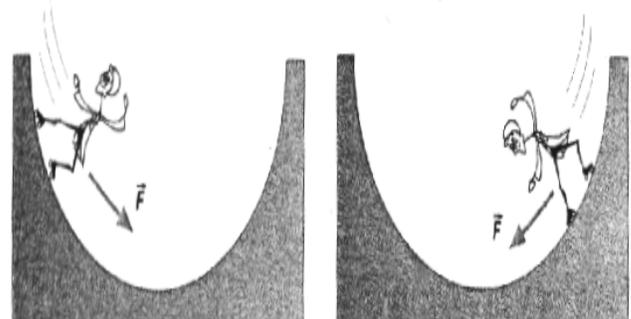
### B. Experimento 2: Plano inclinado de Galileo

Se deja caer un cuerpo desde una altura  $h$ , adquiriendo una velocidad que al pasar por el plano horizontal, le permite llegar a la misma altura en el otro lado del plano inclinado. Al disminuir  $\alpha$ , sigue subiendo hasta igual altura, pero recorre un mayor espacio en un mayor tiempo. Si el plano se pone totalmente horizontal y el rozamiento es casi nulo, el cuerpo se movería indefinidamente con la velocidad que lleva en el plano inclinado. Es decir: “cualquier cuerpo puesto en movimiento sobre un plano horizontal sin rozamiento, continúa moviéndose indefinidamente con velocidad constante (Ley de Inercia).



**FIGURA 2.** Plano inclinado de Galileo. Cuando  $\alpha$  vale cero, entonces el cuerpo adquiere velocidad constante indefinidamente.

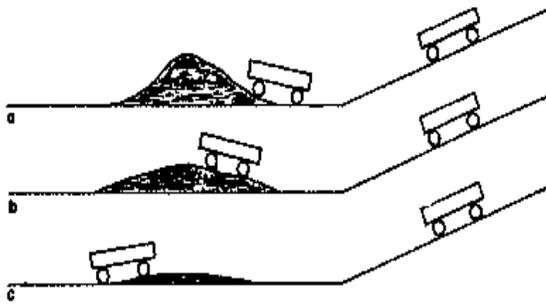
A continuación podemos pasar a un relato: un estudiante en una pista semicilíndrica para patinetas, practica su deporte favorito...oscila una y otra vez.... Si de pronto una de las partes semicilíndricas de la pista la vamos aplanando...hasta hacerla horizontal... despreciamos todo rozamiento (cuerpo -aire, ruedas – suelo). Puede encontrarse una conclusión casi mágica relacionada con los estados inerciales.



**FIGURA 3.** Estudiante patinando en una pista semicilíndrica.

### C. Experimento 3: Inercia I [11, 12]

Se deja caer un carrito y se va quitando arena. Al principio el carrito se detiene, posteriormente pasa por encima de la arena pero con dificultad y, cuando quitamos toda la arena, se mueve con la velocidad que llega al plano horizontal.



**FIGURA 4.** Carrito bajando por un plano inclinado y encontrándose cada vez menos rozamiento en su camino por el plano horizontal.

**D. Experimento 4: Inercia II** [11, 12]

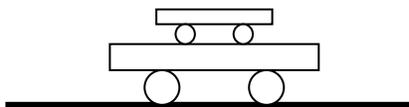
Colocar el taco de madera sobre el carrito y variar bruscamente su estado mecánico. En el primer caso realizar la variación brusca con el carrito en reposo y luego, con el carrito en movimiento. En el segundo caso, hacer la variación mientras el carrito se mueve por una superficie horizontal con el taco de madera encima y hacerlo chocar con el taco de metal. Puede apreciarse en todos los casos que el taco de madera manifiesta la tendencia a mantener su estado inercial, ya sea de reposo o de velocidad constante. Es importante insistir en las situaciones del carrito en movimiento.



**FIGURA 5.** Taco de madera sobre el carrito y variaciones en la velocidad del carrito, observándose la tendencia a mantener el estado inercial del taco.

**E. Experimento 5: Inercia III** [10, 12]

Colocar un carrito pequeño (o una esfera cualquiera) sobre otro un poco mayor. Si se le imprime un impulso al carro mayor, éste se desplazará mientras el carro más pequeño conservará su posición con respecto al suelo, o sea, su estado de reposo.



**FIGURA 6.** Experimentos realizados con un carrito sobre otro mayor.

Si hacemos primero que ambos se muevan con movimiento rectilíneo uniforme y después detenemos el carro mayor,

mantiene su estado de movimiento con respecto a la mesa, o sea, sin experimentar aceleración hasta que sea afectado por la acción de otros cuerpos (un objeto que lo detenga o el rozamiento).

Normalmente surge la interrogante de si en todos los sistemas de referencia es válida la primera ley de Newton. Con este sencillo experimento podemos indicar al alumno que esta ley no se cumple respecto a cualquier sistema de referencia, solo con observar qué sucede cuando de carrito mayor frena o acelera, llegando a la conclusión de que en los sistemas de referencia que se mueven con aceleración la primera ley de Newton no se cumple.

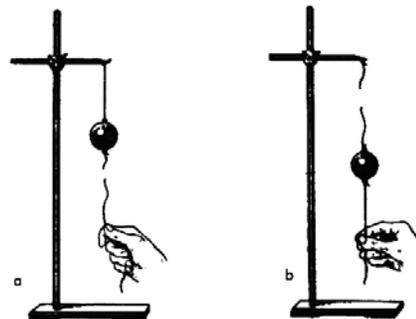
**III. INERCIA E INERCIALIDAD**

Es importante que el profesor establezca la diferencia entre inercia como fenómeno físico y la inercialidad como propiedad de los cuerpos. La inercia, en igual medida, está presente en todos los cuerpos, tanto en una molécula, como en una gigantesca piedra, se cumple con igual exactitud la ley de la inercia, es decir, se conserva constante la velocidad, si las acciones de otros cuerpos sobre ellas se compensa. Con respecto a la inercialidad de los cuerpos se habla en otro sentido: si durante la interacción dos cuerpos adquieren diferentes aceleraciones, esto significa que para un mismo intervalo de tiempo que dura la interacción, los cuerpos varían de forma diferente sus velocidades. Por consiguiente, los cuerpos pueden diferenciarse por su inercialidad y hablaremos de la inercialidad como una propiedad intrínseca de los cuerpos.

La esencia de esta propiedad consiste en el hecho de que no existe un cuerpo que pueda variar de manera instantánea su velocidad; para esto se requiere siempre un tiempo determinado. Se pueden proponer los experimentos siguientes:

**A. Experimento 6: Inercialidad 1**

Colgar una carga pesada de un hilo que puede resistir un peso un poco mayor que el de la carga. Atar otro hilo igual debajo de la carga [13].

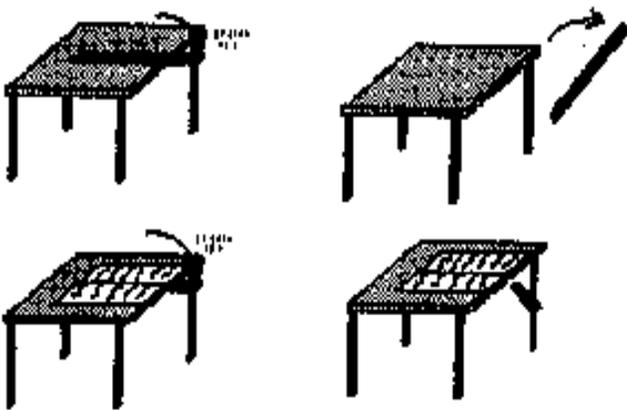


**FIGURA 7.** En la figura a se demuestra que si se tira bruscamente del hilo se rompe el hilo inferior. En la figura b se demuestra que si se tira suavemente se rompe el hilo superior.

Si tiramos con brusquedad del hilo inferior, se romperá éste; pero si tiramos suavemente el mismo, aumentando paulatinamente el esfuerzo, se romperá el hilo superior de la carga. Para que se rompa el hilo superior, debe sufrir una distensión complementaria, es decir, la carga debe ponerse en movimiento. Si realizamos un tirón brusco, la mano actúa sobre la carga durante un tiempo muy breve y no tiene tiempo de ponerse en movimiento la carga, por eso se rompe el hilo inferior.

### B. Experimento 7: Inercialidad 2

Poner una tira de madera sobre una mesa de manera que sobresalga 1/5 de su longitud. Cubrir con un papel u hoja de periódico de manera que no queden bolsas de aire [14, 15].

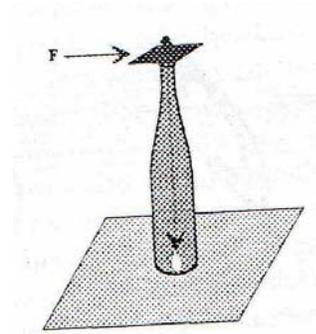


**FIGURA 8.** En las figuras de arriba se muestra que cuando no hay periódico y se golpea, la tira de madera se cae al suelo. En la figura de abajo a la izquierda se muestra que cuando se golpea suavemente, se levanta el periódico y la tira de madera. En la figura de abajo a la derecha se muestra que cuando se golpea brusquemente se rompe la tira de madera y el periódico prácticamente no se entera.

Cuando se golpea el extremo de la regla que sobresale despacio, tiene tiempo de entrar aire desde fuera y se levanta el periódico y el periódico; mientras que si pegamos un golpe brusco en el extremo de la tira que sobresale, el aire no tiene tiempo de entrar debajo del periódico y se rompe la tira de madera sin apenas moverse el periódico.

### C. Experimento 8: Inercialidad 3

Poner una botella sobre la mesa y colocar un cartón encima de la boca de modo que sustente una esfera que pueda entrar por la boca de la botella [14].

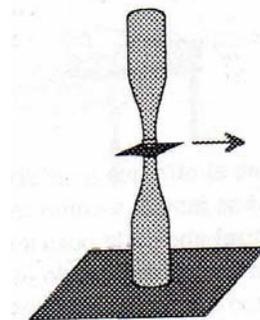


**FIGURA 9.** Esferita atrapada en una botella. Al retirar brusquemente el cartón la esfera se introduce dentro de la botella.

Si retiramos brusquemente el cartón golpeándolo, la esfera no tiene tiempo de recibir del cartón expulsado una velocidad apreciable; mientras tanto, el cartón, que recibe un golpe directamente, tiene tiempo de deslizarse. La esfera, al quedarse sin apoyo, cae verticalmente dentro de la botella por la atracción gravitatoria.

### D. Experimento 9: Inercialidad 4

Colocar una botella verticalmente sobre la mesa [14]. Encima de la boca de la botella colocar un papel o una cartulina y sobre éste, otra botella invertida (boca con boca).



**FIGURA 10.** Botellas equilibradas. Al retirar brusquemente la cartulina queda una botella sobre la otra.

Si retiramos rápidamente el papel, no se desplazará el centro de gravedad de la botella de arriba y su prolongación no se saldrá de la superficie de apoyo, que es la boca de la botella de abajo, y el sistema seguirá en equilibrio aunque inestable. Se requiere una cierta habilidad para conseguir realizar el experimento con rapidez y seguridad.

### E. Experimento 10: Inercialidad 5

Dejar descansar una tira de madera sobre dos anillas de papel convenientemente separadas, que cuelguen de cuchillas [10, 14].

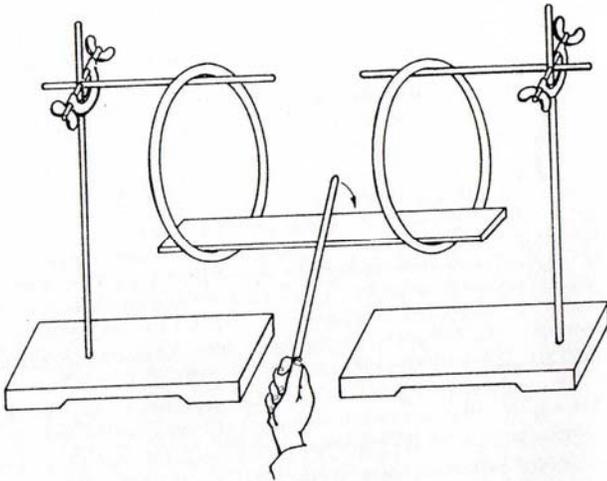


FIGURA 11. ¿Anillas de papel más fuertes que la madera?

Si golpeamos bruscamente la tira de madera por el centro, el golpe es tan rápido y la acción tan poco duradera que ni las anillas de papel ni los extremos de la tira tienen tiempo de experimentar desplazamiento alguno. Se mueve únicamente la parte de la tira de madera que está justo debajo de donde se produce el golpe.

#### IV. CONCEPTO MASA

Conviene entonces definir el concepto masa, como la magnitud que expresa esa propiedad que definimos como inercialidad. Por último, es conveniente indicar al alumno varios rasgos del concepto de masa que los alumnos deben conocer y asimilar:

- La masa es la medida de la inercialidad de los cuerpos; y, la inercialidad se manifiesta en que para variar la velocidad de un cuerpo en un determinado valor, es necesario que interactúe con otro cuerpo durante un cierto intervalo de tiempo
- Medida de la cantidad de materia que contiene.
- Es una magnitud escalar.
- Posee la propiedad aditiva.
- Es una invariante respecto a sistemas de referencia inerciales.
- En el S.I. se mide en kg.
- Existen dos métodos para medirla; por medio de la interacción entre cuerpos y por medio de la balanza.

Estos rasgos deben ser descubiertos por los estudiantes paulatinamente, a lo largo del desarrollo de los experimentos, discusiones y problemas.

#### V. CONCLUSIONES

El método seguido en este trabajo es una buena oportunidad metodológica para diferenciar conceptos generales.

En este trabajo se indican y efectúan varios experimentos que se pueden realizar fácilmente, y mostramos como se investigan y se descubren la primera ley de Newton y la diferencia entre inercia e inercialidad.

Con los experimentos planteados podemos acercarnos a las ideas de forma aproximada; pero, a la vez, se consigue inducir determinadas ideas teóricas de una manera sencilla y clara. Además, realizar estos experimentos proporciona al estudiante toda clase de satisfacciones y conocimientos profundos y duraderos.

#### REFERENCIAS

- [1] Burbano, S., Burbano, E., Gracia, C., *Física General* (Mira Editores, Zaragoza, 1993).
- [2] Alonso, M., *Física. Curso Elemental* (Cultural Centroamericana S. A., Guatemala, 1967).
- [3] Lagemann, R. T., *Ciencia Física: Orígenes y Principios* (Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México, 1968).
- [4] Sepúlveda A., *Historia de la Física* (Fondo Editorial Cooperativo, Medellín, 1996).
- [5] Young, H. D., *Fundamentos de Mecánica y Calor* (Ediciones del Castillo S.A., Madrid, 1966).
- [6] Frish, S., Timoreva, A., *Curso de Física General. Tomo I* (Editorial Mir, Rusia, 1977).
- [7] Agudo, T. Cuesta, M., Davalillo, A. Vila, J., *Física aplicada a la navegación: Mecánica y Fluidos* (Servicio de Publicaciones E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación, Bilbao, 1995).
- [8] Vila, J., Cuesta, M., Agudo, T., Davalillo, A., Kolb, A., *Física: Teoría, Problemas, Cuestiones, Prácticas* (Edicumbre, Quito, 1998)
- [9] Ducongé, J., García, L., Sierra, C. J., García-Barbón, J. H., *Metodología de la enseñanza de la Física en el Preuniversitario* (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1990).
- [10] Sierra, C. J., Fiallo, J., García, J., *Enseñanza de la Mecánica en la FOC* (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1979).
- [11] Sierra, C. J., Fiallo, J., de la Torre, E., *Física SOC. Actividades prácticas* (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1985).
- [12] Vila, J., Sierra, C. J., Cuesta, M., Agudo, T., *Prácticas de laboratorio. Física I. 4º Curs.* (Edicumbre, Quito, 1997)
- [13] Piorishkin, A. V., Krauklis, V. V., *Física I* (Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 1978).
- [14] Cuesta, M. J., Vila, J. Sierra, C. J., Agudo, T., *Experimentos impactantes. Mecánica y Fluidos* (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Santander, 1996).
- [15] Perelmán, Ya. I., *Problemas y experimentos recreativos* (Editorial Mir, Moscú, 1983).