

¿Qué es la Inercia?

M. Stella Osorno R. *

Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia

Abstract:

It is shown how the Inertia law is frequently misunderstanding in some common problems.

INTRODUCCION

Pocas veces se discute acerca de las leyes de Newton, la aparente trivialidad del tema o tal vez la certeza sobre su comprensión, las excluyen como tema de discusión. Artículos polémicos como ¿Es la Masa la Medida de la Inercia? (Zalamea, 1992) plantean la necesidad de volver sobre el tema y de reflexionar sobre aquellos DOGMAS y verdades incontrovertibles, con el fin de confrontarlos y comprender mejor el mundo en que estamos.

Con el propósito de contribuir al debate presento este primer artículo con algunas consideraciones acerca de la ley de la Inercia (primera ley de Newton) y algunos conceptos relacionados con ella.

LEY DE INERCIA

En primer lugar quiero transcribir esta ley como aparece en los Principia (Newton, 1982). "Ley I. Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta a menos que sea forzado a cambiar ese estado por fuerzas que actúen sobre él".

La formulación de esta ley nos ha llegado a través de versiones modernas (que incluyen interpretaciones) que los diferentes autores y docentes hacen de ella (Eisberg, 1981; Resnick, 1980; Serway, 1986). A partir de mi experiencia con los estudiantes (a quienes he enseñado durante más de diez años esta ley) y de las conversaciones con los colegas, creo que muchas de las dificultades y de los errores que se presentan al solucionar los problemas de la mecánica newtoniana se deben a formulaciones y / o interpretaciones erróneas que autores y profesores hacen de las leyes de Newton; interpretaciones que probablemente sean generadas por la ambigüedad de algunas de las definiciones que anteceden a los axiomas o leyes de movimiento en los mismos

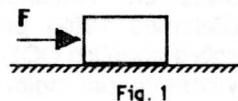
Principia.

La fe ciega, sin ningún tipo de análisis de las afirmaciones que aparecen en la mayoría de textos y en los discursos de los docentes, se constituyen en muchos casos en la principal dificultad. Sin transcribir ni polemizar sobre los errores que aparecen en cada texto, la tradición oral y / o escrita lleva a afirmar que:

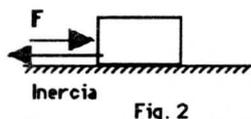
Todos los cuerpos se oponen o resisten al movimiento, siendo la masa una medida cuantitativa para unos, cualitativa para otros, de esa oposición. Otros aseveran que los cuerpos tienden al reposo.

Veamos como estas versiones de la primera ley se convierten en el caballo de batalla al cual se acude para explicar algunos problemas sencillos de la vida diaria, donde la palabra INERCIA sin haber sido definida con precisión, a veces se trata como si fuese una fuerza, a veces como masa, y en otras oportunidades como algo que sin saber qué es simplemente se opone al movimiento.

Cuando mediante una fuerza pequeña se empuja suavemente un objeto que se encuentra en reposo, al no observar cambio en el movimiento de ese cuerpo se afirma que esto es por INERCIA y que el cuerpo arranca cuando la INERCIA sea superada o vencida por el empujón (Fig. 1).



¿Qué es la INERCIA para quienes aceptan estas explicaciones? Deberíamos pensar que si esta se manifiesta al empujar un objeto y que esa "resistencia (oposición)" se supera al aplicar una fuerza mayor, la INERCIA es una fuerza que se opone al empuje, ya que algo que se opone a una fuerza no puede ser sino otra fuerza. ¿Es esto la INERCIA? (Fig. 2)



Algunos reconocerán que no, que la INERCIA tiene que ver con la masa del cuerpo, que esa "oposición (dificultad)" es menor en los cuerpos menos masivos y mayor en los más masivos. Si pulimos y lubricamos la superficie sobre la que se ha de empujar el cuerpo sin cambiar su masa, vemos que esta "resistencia" se hace menor, ¿podríamos entonces concluir que la masa es una medida de esa oposición (inercia)? Y no sé ni se me ocurre cómo ni con qué se podrá "vencer" esa oposición, que no se sabe qué es, para lograr que finalmente el cuerpo empiece a moverse.

Cuando empujamos el cuerpo sobre la superficie, existe una fuerza variable (fuerza de rozamiento estática) que se opone a la fuerza aplicada (empujón) y

no permite ningún cambio mientras que F no supere el valor máximo que puede tomar la fuerza de rozamiento estática $f_{s,max} = \mu_s N$. Esta fuerza originada por la interacción entre el cuerpo y el piso no puede confundirse con la INERCIA (French, 1978; Kleppner, 1978). (Fig. 3).

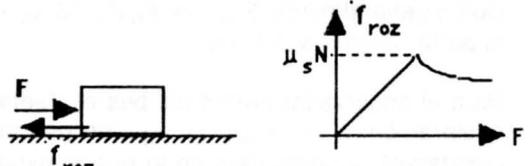


Fig. 3

Cuando se trata de explicar lo que sucede dentro de un bus que frena o acelera, se recurre a la ley de la **Inercia**, diciendo que un objeto colocado sobre el piso se desplaza hacia adelante o hacia atrás, porque por **Inercia** tiende a conservar el movimiento que llevaba, olvidando que el bus en esas condiciones no se puede considerar como un sistema de referencia inercial. Se debe recordar que con la primera ley se postula la existencia de los sistemas inerciales de referencia, sistemas ligados a una partícula libre y únicos sistemas donde son válidas las leyes de Newton, por lo tanto la ley de la **inercia** no se cumple en sistemas acelerados.

Desde la calle (sistema de referencia inercial) podemos explicar lo que ocurre con el objeto dentro del bus de la siguiente manera: Si la aceleración del bus es mayor que la aceleración que la máxima fuerza de rozamiento estática le produce al objeto, este se desplaza respecto al bus. Si es menor, el objeto se mueve con la misma aceleración del bus. Al frenar bruscamente actúa sobre el bus una fuerza en dirección contraria a la velocidad, F_{fre} , que trata de desplazar el bus respecto al objeto, originando una fuerza de rozamiento f_{roz} , producida por el objeto sobre el bus que se opone a la fuerza de frenada. Como reacción el bus ejerce sobre el objeto una fuerza de igual valor en la dirección de frenada. Las fuerzas netas que actúan sobre el bus y sobre el objeto son ambas opuestas a la velocidad pero de diferente valor (Fig. 4) y cumplen las siguientes relaciones:

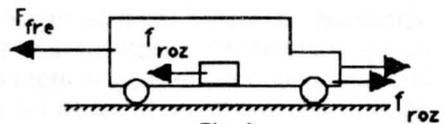


Fig. 4

$$F_{neta\ bus} = F_{fre} - f_{roz} = M a_{bus} \quad (1)$$

$$F_{neta\ obj} = f_{roz} = m a_{obj} \quad (2)$$

Por lo tanto

$$a_{bus} = (F_{fre} - f_{roz}) / M \quad \text{y} \quad a_{obj} = f_{roz} / m \quad (3)$$

donde m es la masa del objeto y M la del bus, a_{bus} y a_{obj} son las

aceleraciones del bus y del objeto respectivamente.

Como generalmente $F_{fre} \gg f_{roz}$, $a_{obj} < a_{bus}$, el objeto se desplaza hacia la parte delantera del bus.

Para el observador dentro del bus el objeto se desplaza hacia adelante con una aceleración $a = a_{bus} - a_{obj}$ (no permanece ni en reposo ni con velocidad constante) y como esto no lo puede explicar a la luz de las leyes de Newton, recurre a fuerzas ficticias ya que su sistema no es inercial.

Al arrancar aceleradamente la situación es muy parecida, solo que ahora la fuerza aplicada F_{ap} actúa en la misma dirección de la velocidad, la fuerza de rozamiento sobre el bus en la dirección opuesta, y la fuerza de rozamiento sobre el objeto en la dirección de la velocidad. En este caso la fuerza neta sobre el bus y la fuerza neta sobre el objeto actúan ambas hacia adelante. Nuevamente el objeto y el bus aceleran con diferentes aceleraciones, siendo $a_{bus} > a_{obj}$, el objeto se desplaza hacia la parte trasera del bus. El observador dentro del bus ve que el objeto acelera en dirección contraria a la velocidad, con una aceleración de valor $a = a_{bus} - a_{obj}$ (tampoco en esta oportunidad la velocidad es constante) y nuevamente debe recurrir a fuerzas ficticias para explicar lo ocurrido.

CONCLUSIONES

Ningún cuerpo se opone o resiste al movimiento, ni tiende al reposo como se afirma frecuentemente. Para que un cuerpo deje el reposo la fuerza neta que actúe sobre él debe ser distinta de cero. Sobre un objeto que se mueve con velocidad constante también hay que interactuar si se lo quiere detener; si existe rozamiento, esta fuerza terminará deteniéndolo; si no, debemos interactuar con él de alguna manera para que se detenga. La fuerza es un agente de cambio, no la causa del movimiento. Los conceptos de reposo y de movimiento uniforme son relativos y equivalentes; para alterar cualquiera de ellos es preciso aplicar una fuerza (Hech, 1987). Estas fuerzas impresas son las que permiten cambiar el estado de reposo o de movimiento uniforme de un cuerpo y a ellas se refiere la definición IV de los Principia.

La vis insita o fuerza innata de la materia, llamada **Inercia** en la definición III, no es una fuerza impresa sobre el cuerpo, no se puede sumar vectorialmente con otras fuerzas y no debe ser incluida en ningún diagrama de cuerpo libre. Si la inercia es lo mismo que la masa me parece innecesario y confuso usar y definir los dos conceptos; pero es evidente que masa e inercia no son lo mismo y aunque los conceptos más útiles en la física generalmente son difíciles de precisar y definir (French, 1978) propongo para Inercia la siguiente definición:

Es la imposibilidad de cambiar el estado de reposo o de movimiento uniforme de los cuerpos sin interactuar con ellos (y esa imposibilidad no se mide).

BIBLIOGRAFIA

EISBERG, R., LERNER, L., 1981. Physics: Foundations and Applications. Vol I. Mc Graw-Hill. New York.

FRENCH, A., 1978. Mecánica Newtoniana. Editorial Reverté. Barcelona.

HECHT, E., 1987. Física en Perspectiva. Addison-Wesley Iberoamericana. Mexico D.F.

Kleppner, D., Kolenkow, R., 1978. An Introduction to Mechanics. Mc Graw-Hill. Kogakusha Ltd. Tokyo.

NEWTON, I., 1982. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural y su Sistema del Mundo. Editora Nacional. Madrid.

RESNICK, R., HALLIDAY, D., 1980. Física. Vol I. Cecsá. Mexico D.F.

SERWAY, R., 1986. Física. Interamericana. Mexico D.F.

ZALAMEA, E., PARIS, R., 1992. ¿Es la Masa la Medida de la Inercia? Enseñanza de las Ciencias. Vol 10 (2). Barcelona, España.

* Profesor Asistente, Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia.