

Aspectos históricos, filosóficos y físicos de la Primera Ley de Newton

Recibido: 03/02/2015

Aprobado: 05/03/2015

Yuri Posadas Velázquez

Resumen

Uno de los propósitos de la Segunda Unidad del Programa de Física I del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) es que el alumno comprenda las leyes de Newton. En este artículo se realiza una revisión histórica de la influencia que tuvo la teoría del *impetus* en la formulación del Principio de la inercia y la Primera Ley de Newton. Lo anterior puede ayudar al alumno de bachillerato a entender cómo se fundamentó esta ley, además de fomentar la visión interdisciplinaria entre la Física, la Matemática, la Filosofía y la Historia Universal. Se sugieren tres experimentos para que el alumno compruebe el Principio de la inercia.

Palabras clave: Primera Ley de Newton, Principio de la inercia, teoría del *impetus*, Newton, Galileo, interdisciplina, Física, Matemática, Filosofía, Historia Universal, enseñanza de la Física.

Abstract

One of the purposes of the Second Unit of the First Physics Program of the CCH is that the student understands the Newton's Laws. This article is a historical review of the influence that had the impetus theory in the formulation of the Principle of inertia and the First Newton's Law. As explained can help high school students understand how this Law was built, as well as encouraging an interdisciplinary vision between Physics, Mathematics, Philosophy and Universal History. Three experiments for the student to check the principle of inertia are suggested.

Key words: *Newton's Law First, Principle of inertia, impetus Theory, Newton, Galileo, interdiscipline, Physics, Mathematics, Philosophy, Universal History, Physics' teaching.*

Introducción

Un propósito general de la asignatura de Física I del CCH es que el alumno “comprenda que las leyes de Newton y de la gravitación universal representan una primera síntesis en el estudio del movimiento, a la vez que dan soporte a la Física”.¹ Ahora bien, dentro de esta asignatura, en la segunda unidad, “Fenómenos mecánicos,” aparece como temática la Primera Ley de Newton y un aprendizaje relativo a la ejemplificación del Principio de la inercia.

Una de las dificultades para que el alumno asimile este aprendizaje es que no lo ubica en su contexto histórico y se le presenta, en los textos de física y en la cátedra, en forma de enunciados que debe recordar. No obstante, cuando se muestra la evolución de los conceptos físicos, el alumno puede reconstruirlos y tomar conciencia de que éstos son el resultado de análisis de experimentos y síntesis conceptuales, darse cuenta de que no surgen al azar o por capricho de algún autor.

La intención de este artículo es facilitar la comprensión de la Primera Ley de Newton, mostrando la evolución histórica de los conceptos físicos en los cuales está basada. Al final se sugieren tres experimentos para que el alumno pueda comprobar el Principio de la inercia. De esta manera, vinculando la historia de la Física y la experimentación, es más probable que el alumno consiga aprendizajes significativos, trascendiendo el nivel memorístico o de simple reconocimiento de los principios básicos de la Física.

Marco histórico

Abordaremos brevemente la historia del concepto *impetus* por la importancia que tiene en la construcción del Principio de la inercia.²

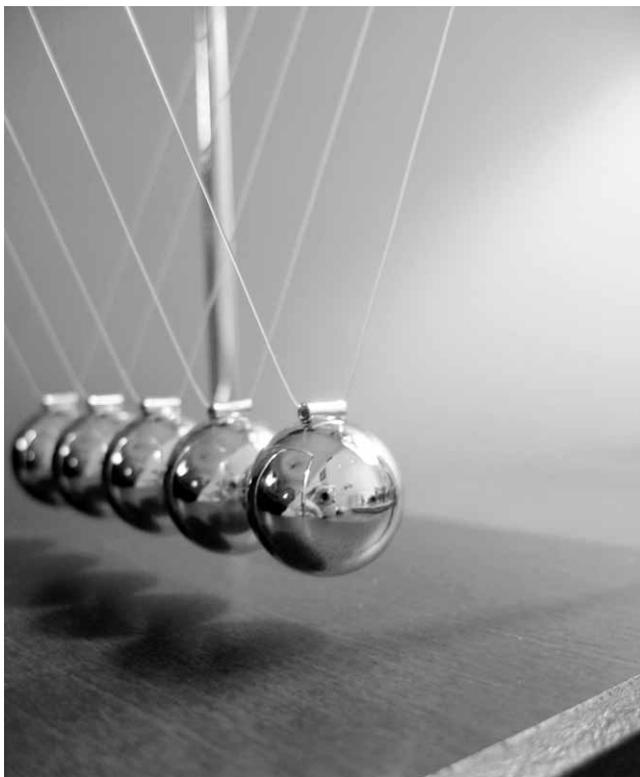
1 Programas de Estudio de Física I a IV. Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades, Área de Ciencias Experimentales (2003).

2 Si el lector desea ampliar esta información, puede consultar estudios completos y extensos como: Alexander Koyré, *Estudios galileanos*, México, Siglo XXI Editores, 1988, págs. 149-278, y Fabián Hoyos Patiño, “Corpusonme Perseverare. La formación del concepto de inercia”, en <<http://www.academia.edu/4233616/>>

El concepto de *impetus* (impresión de movimiento), ideado por el pensador Hiparco de Rodas, fue utilizado en el siglo VI por Juan Filopón para explicar que un proyectil se mueve porque existe una “virtud” o cualidad que constituye su fuerza motriz. De esta manera, según Filopón, un objeto lanzado al espacio continuará con su movimiento en tanto no se le agote su *impetus*.

Durante la Edad Media, pensadores como Buridan y Bonamico, y Leonardo en el Renacimiento, retomaron el concepto *impetus* para entender el movimiento de los cuerpos. La teoría del *impetus* adquirió su expresión más acabada con el italiano Benedetti, quien afirmó que

Todo cuerpo grave, ya se mueva natural o violentamente, recibe en sí un *impetus*, una impresión de movimiento, de forma que separado de la virtud motriz, continúa moviéndose durante cierto tiempo.³



The classic desk toy by standardup, Aug 8, 2006 www.freeimages.com

3 Benedetti Gian Batista, *Diversum speculationum mathematicarum et physicarum liber*, 1585, pág. 286; cit. pos. Alexander Koyré, op. cit., pág. 40.

De esta manera, algunos pensadores consideraron que la mayor o menor cantidad de *impetus* adquirido por un cuerpo determina la duración de su movimiento. Aunque en la actualidad esta explicación nos parezca ridícula, es útil analizarla en su contexto histórico por tres razones. La primera porque nos ayuda a entender algunas ideas previas erróneas de los alumnos, como el creer que “los cuerpos se mueven porque tienen fuerza”. La segunda razón estriba en que el *impetus* o impresión de movimiento fue el antecedente del concepto *ímpetu* o *cantidad de movimiento*, que aún se emplea —aunque con otro significado— en la Física y que es indispensable para comprender la Segunda Ley de Newton. Por último, según veremos en las siguientes líneas, el concepto *impetus* tuvo una gran influencia para establecer el Principio de la inercia y la formulación de la Primera Ley de Newton.

El principio de la inercia y la Primera Ley de Newton

Galileo Galilei Ammannati (1564-1642) fue un físico italiano que introdujo la experimentación en la Física para encontrar principios basados en modelos matemáticos que facilitaran la comprensión de los fenómenos naturales, en particular del movimiento de los cuerpos.

Uno de estos experimentos consistió en soltar una bola a través de un riel inclinado, la cual, después de abandonar éste, recorría una pequeña sección horizontal y luego volvía a subir por otra sección inclinada. Galileo determinó la distancia a la cual llegaba la bola después de recorrer la sección horizontal. Luego se le ocurrió disminuir el ángulo de inclinación del segundo plano inclinado y notó que la distancia recorrida por la bola era mayor. Supuso Galileo que si el segundo plano estuviese totalmente horizontal, la bola recorrería una distancia prácticamente indefinida, pues conservaría la velocidad adquirida en el primer plano inclinado. En su obra conocida como *Discorsi*, Galileo comenta el experimento anterior y, apoyado en la teoría del *impetus*, afirma que

(...) Se puede suponer con razón que, sea el que fuere el grado de velocidad que se dé a un móvil, *queda por naturaleza indeleblemente impreso en él con tal de que no intervengan causas externas que lo aceleren o lo retarden...*⁴

Con este razonamiento, Galileo da una primera formulación implícita de lo que más adelante se conocería como el Principio de la inercia: *los cuerpos en movimiento continúan indefinidamente en dicho estado, siempre*

⁴ Galileo Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* (*Discorsi*), Madrid, Editora Nacional, 1981, pág. 346. (Las cursivas son mías).

que no exista una causa externa que lo modifique. Nótese que Galileo aún se sigue apoyando en el *impetus* como responsable del movimiento de los cuerpos.

Unos años después, el francés Pierre Gassendi (1592-1652) reformuló el Principio de la inercia. En su obra *De motu impresso a motore translato*, se pregunta lo que le ocurriría

(...) A [una] piedra que... sacada del reposo, fuera empujada por una **fuerza** cualquiera. Respondo que probablemente se moverá con un movimiento uniforme y sin fin [...] En cuanto a la prueba, la saco de la uniformidad... del movimiento horizontal; y puesto que éste no parece terminarse si no es por admisión del movimiento vertical, se desprende que (...) *el movimiento, en cualquier dirección que se haga... ni se acelerará ni se retardará y, por lo tanto, nunca cesará.*⁵

Gassendi propone que la *fuerza* es la responsable de la alteración en el movimiento de los cuerpos, abandonando la idea de un *impetus* que se “adhiera” a los cuerpos. Por otra parte, habla de *movimiento uniforme*, lo cual significa que un cuerpo no altera su velocidad. Así, de la reflexión de Gassendi, se colige que un cuerpo sólo puede alterar su movimiento uniforme bajo la acción de otra fuerza.

De Galileo a Gassendi existe una evolución importante en la formulación del Principio de la inercia. Pero las mejoras continuaron.

En 1629, el filósofo francés René Descartes (1596-1650) escribe una obra que fue publicada en forma póstuma en el año de 1677, titulada *El mundo o Tratado de la luz*, en la cual se encuentran varias concepciones sobre los fenómenos naturales y sus leyes. En el capítulo “De las leyes de la naturaleza”, Descartes enuncia una regla que se acerca mucho al Principio de la inercia:

(...) Toda parte de la materia, individualmente, continúa siempre existiendo en un mismo estado, mientras el encuentro con las otras no la obligue a cambiarlo... *si se ha detenido en algún lugar no saldrá jamás de él si las otras [partes] no la desplazan; y si ha comenzado a moverse, continuará haciéndolo con la misma fuerza hasta que las otras la detengan o la retrasen.*⁶

Así, la materia tiende a conservar su estado de reposo o de movimiento mientras otras *fuerzas* no lo modifiquen.

Más tarde, en el año 1700, apareció una obra póstuma del holandés Cristiaan Huygens (1629-1695) intitulada *De motu corporum ex percussione*, en

5 Alexander Koyré, *op. cit.*, pág. 301. (Las negritas y las cursivas son mías).

6 René Descartes, *El mundo o Tratado de la luz*, México, UNAM, 1986, pág. 84. (Las cursivas son mías).

APORTES

la cual se encuentran el Principio de la inercia, la conservación del movimiento y la relatividad de éste. En cuanto al primero, Huygens enunció que

Un cuerpo en movimiento tiende a moverse en línea recta con la misma velocidad en tanto no encuentre un obstáculo.⁷

Obsérvese que, a diferencia de Descartes, Huygens enuncia un principio físico de manera precisa y sintética, prescindiendo en todo lo posible de la argumentación filosófica. Otro punto destacable es que Huygens advierte que la tendencia del movimiento, de no encontrar ningún obstáculo, se da en *línea recta* y con la *misma velocidad*. Gassendi (*vid.* Nota 5) ya había considerado que un cuerpo bajo la acción de una fuerza se desplaza con un *movimiento uniforme*, quedando implícito que la trayectoria seguida por aquél es rectilínea y que su velocidad es constante.

Pero no le correspondió a Huygens, sino al físico y filósofo inglés Isaac Newton (1642 -1727) realizar la gran síntesis teórica que culminó en la versión del Principio de la inercia que se conoce actualmente. En su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural* (Principia), Newton le da una expresión más acabada a dicho Principio, el cual pasa a ser una *Ley*. Así, la Primera Ley de Newton o Principio de la inercia afirma que

Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que... sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.⁸

Newton no utiliza el concepto de *causa* (como Galileo) u *obstáculo* (como Huygens), sino de *fuerza* para explicar que, en ausencia de ésta, un cuerpo conserva su *estado de movimiento*. En particular, si el movimiento es rectilíneo y con rapidez constante (uniforme), continúa con estas dos propiedades indefinidamente.

⁷ Cit. pos. José Luis Álvarez García, "El principio de la inercia", en *Ciencias* 67, julio a septiembre, 2002, México, DF, pág. 13.

⁸ Isaac Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural* (Principia), 2 vols. (V. I), Madrid, Alianza Editorial, 2002, pág. 135.



Composición: Jorge Flores F. Imágenes: www.freeimages.com

La Primera Ley de Newton en los libros de texto

Es conveniente que el alumno y el docente conozcan la Primera Ley de Newton en su formulación original para entender las diferentes versiones presentadas en los libros de texto, a nivel bachillerato o profesional.

Revisaremos la forma en que se enuncia la Primera Ley de Newton en algunos textos de física destinados al nivel medio superior:

- “Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él.”⁹
- “En ausencia de la aplicación de una fuerza no equilibrada... un cuerpo en reposo permanece en reposo, y un cuerpo en movimiento permanece en movimiento con velocidad constante (rapidez y dirección constantes).”¹⁰
- “Sin acciones de otros cuerpos, un cuerpo mantiene su estado de reposo o de movimiento.”¹¹
- “Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo con velocidad constante, mientras no actúa sobre él una fuerza que modifique su estado de reposo o de movimiento.”¹²



Fotografía: clase de Física en el CCH, Archivo Histórico Fotográfico del Colegio de Ciencias y Humanidades, S.C.I., 2012.

9 Paul Tippens, *Física. Conceptos y aplicaciones* (Sexta Edición), México, McGraw-Hill, 2006, pág. 74.

10 Jerry Wilson y Anthony Buffa, *Física* (Sexta Edición), México, Pearson, 2003, pág. 106.

11 Josip Slisko Ignjatov, *Física I*, México, Pearson, 2013, pág. 148.

12 Carlos Gutiérrez Aranzeta, *Física general*, México, McGraw-Hill, 2009, pág. 114.

Se desprende de las definiciones anteriores que, si bien recogen la esencia de la Primera Ley de Newton, existen algunas diferencias con respecto a la formulación original. Lo anterior puede causar confusión en el alumno si no se recurre al análisis de los Principios a estudiar. Considero que una forma de motivar y desarrollar la capacidad de análisis de los alumnos se encuentra en la revisión histórica de los conceptos físicos y, siempre que sea factible, la verificación experimental de éstos.

Propuesta de experimentos para verificar el Principio de la inercia

En forma paralela o al final de la revisión histórica del Principio de la inercia, es recomendable que los alumnos lo verifiquen mediante un experimento. A continuación se presentan tres propuestas viables para el aula-laboratorio.

- 1. Variante del experimento de Galileo.** Se requieren dos planos inclinados acoplados por una sección horizontal, un balón y una cámara digital (opcional). El balón se hace rodar a través de uno de los planos desde una altura fija y se registra la distancia alcanzada en el otro riel. A continuación se disminuye la inclinación del segundo plano y se determina la nueva distancia a la que llega el balón. Para mayor precisión en el cálculo de la distancia, se recomienda filmar el movimiento del balón. Finalmente, se exhorta al alumno para que mediante un razonamiento inductivo explique cuál sería la distancia recorrida por el balón si, descartando la fricción y otros factores, el segundo plano se colocara en forma horizontal.
- 2. Empleando un apuntador láser.** Tomando como referencia que un haz de luz se desplaza con rapidez constante, le queda al alumno la tarea de verificar que aquél sigue una trayectoria rectilínea. Para lo anterior, se emplaza un apuntador láser a una altura h sobre un riel óptico. Al activar el apuntador, se coloca frente a éste una pantalla (cartulina) a diferentes distancias y se registra la altura h_1 , sobre el riel óptico, a la que se proyecta el haz. Si se comparan h y h_1 , el alumno comprobará que el haz del láser sigue una trayectoria rectilínea hasta que es “detenido” por la pantalla.
- 3. Con un riel de aire.** Se utilizará un riel de aire, un carro, un flexómetro, un cronómetro digital y una cámara digital (normal o de alta velocidad). Auxiliados con el flexómetro, previamente se construye una escala sobre el riel que permita registrar las distancias del carro en movimiento. Posteriormente, se sitúa el cronómetro digital en una posición que permita filmarlo con claridad cuando es activado, mientras el carro se desplaza sobre el riel de aire colocado en forma horizontal. Al terminar las mediciones, el alumno analiza las imágenes cuadro por cuadro –en computa-

dora o pantalla de televisión— para determinar la distancia recorrida por el carro en función del tiempo. A continuación se grafican estas variables para encontrar la rapidez del carro. Si ésta es constante, se deduce que el carro se desplazó en forma rectilínea y con rapidez constante al menos durante el lapso que se mantuvo en el riel.

Conclusiones

La asimilación del aprendizaje relativo a “ejemplificar el Principio de la inercia”, propuesto en la segunda unidad del Programa de Física I del CCH, puede facilitarse si se revisa con los alumnos la construcción histórica de los conceptos físicos, además de comprobar experimentalmente dicho Principio. Tanto la revisión como la comprobación experimental establecen bases sólidas para abordar temáticas de mayor complejidad como la Segunda y la Tercera leyes de Newton. No menos importante es que fomenta la temática interdisciplinaria, al vincular la Física con otras asignaturas como la Matemática, la Historia Universal y la Filosofía.

El Principio de la inercia tuvo su origen en el concepto *impetus* o impresión de movimiento. Pensadores como Benedetti suponían que la duración del movimiento dependía del *impetus* adquirido por el cuerpo. En la formulación de Galileo el movimiento es algo que es factible *imprimir* a un cuerpo, continuando aquél si no hay causas que lo obliguen a cambiar su velocidad. Más tarde, Gassendi introduce el concepto fuerza para explicar el cambio en el estado de movimiento de un cuerpo y su prolongación indefinida en un movimiento uniforme si, se sobreentiende, no existe algo que lo modifique. Para Descartes, el estado de movimiento o reposo de un cuerpo se mantiene mientras otros cuerpos no lo alteren.

Con Huygens, el Principio de la inercia adquiere más precisión al considerar que la tendencia de un cuerpo es moverse en línea recta,



Fotografía: clase de Física en el CCH, Archivo Histórico Fotográfico del Colegio de Ciencias y Humanidades, S.C.I., 2012.

manteniendo su velocidad mientras no se tope con algún obstáculo. Finalmente, Newton establece que, en ausencia de fuerzas externas, los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme conservan su respectivo estado.

En la historia del Principio de la inercia existen elementos muy valiosos que el docente puede incluir, dentro del aula-laboratorio, para motivar y profundizar en los aprendizajes relativos a los temas de Mecánica. Si además se realizan experimentos para comprobar los Principios o conceptos estudiados, entonces el alumno tendrá una formación más sólida e integral en las asignaturas de Física.



Apple by paulgeor, Feb 2 2005 www.freeimages.com

Bibliografía

- Álvarez García, José Luis, “El principio de la inercia”, en *Ciencias 67*, julio a septiembre, 2002, México, DF, págs. 4-15.
- Descartes, René, *El mundo o Tratado de la Luz*, México, UNAM, 1986.
- Dugas, Robert, *A History of Mechanics*, New York, Dover Publications, 1988.
- Galilei, Galileo, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias (Discorsi)*, Madrid, Editora Nacional, 1981.
- Hall, Rupert, *From Galileo to Newton*, New York, Dover Publications, 1981.
- Koyré, Alexander, *Estudios galileanos*, México, Siglo XXI Editores, 1988.
- Ibid*, *Estudios de historia del pensamiento científico*, México, Siglo XXI Editores, 1982.
- Newton, Isaac, *Principios matemáticos de la filosofía natural (Principia)*, Vol. I, Madrid, Alianza Editorial, 2002.