

ESTUDIO DE LA TERCERA LAY DE NEWTON A TRAVÉS DE EXPERIMENTOS SENCILLOS, DE BAJO COSTE ECONÓMICO Y GRAN VALOR PEDAGÓGICO**STUDY OF NEWTON'S THIRD LAW THROUGH EXPERIMENTS, LOW COST AND GREAT PEDAGOGICAL VALUE****Jesús Ángel Vila Muñoz⁶**
Carlos Julio Sierra Mora⁷**RESUMO**

Este trabajo tiene como propósito enfatizar en la optimización del proceso de aprendizaje cualesquiera que sean las condiciones que se nos presenten, para ello se enfatiza en la importancia metodológica de la tercera ley de Newton, que suele quedar relegada a segundos o terceros planos. Se muestra un sistema de experiencias de fácil desarrollo, realizables con recursos económicos al alcance de todos y de alto impacto motivacional en los estudiantes. Con este sistema de experimentos significativos, se analizan sus valores científico-metodológicos, sus interrelaciones con la resolución de cuestiones, problemas, preguntas, actividades extraescolares y la evaluación. Además, por una parte se estimula la activación de la actuación cognoscitiva de los estudiantes, exquisitamente concebida y dirigida por el profesor; y por otra, se enfatiza en la sistematización como una solución metodológica para contribuir a desarrollar la formación de la concepción científica del mundo de los estudiantes.

Palavras chave: Tercera Ley de Newton, experimentos significativos y sencillos, metodología pedagógica.

ABSTRACT

This paper aims to emphasize the optimization of the learning process whatever the conditions presented to us, for it emphasizes the methodological importance of Newton's third law, often being relegated to second or third levels. System development experience easy, achievable economic resources available to everyone and high motivational impact on students is displayed. With this system of significant experiments, their scientific and methodological values are analyzed, their interrelationships with the resolution of issues, problems, questions, extracurricular activities and evaluation. In addition, first activation of cognitive performance of students, exquisitely conceived and directed by the teacher stimulates; and on the other, is emphasized in systematization as a methodological solution to help develop the formation of the scientific world of the students.

Keywords: Methodology, activity, innovation, culture school, exemplification.

⁶Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco, España

⁷Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco, España

1. INTRODUCCIÓN

La idea de la interacción es, sin lugar a dudas, la esencia de las Leyes de Newton acerca del Movimiento Mecánico. Aunque Newton no entró a establecer consideraciones al respecto, se puede seguir una lógica preciosa en sus leyes. La 1ª Ley establece la posibilidad de no existencia de acciones en un cuerpo, es decir de estar aislado en el universo y por tanto la inercialidad excepcional, el sistema de referencia ideal [1,2]. De igual manera identifica para el objeto la posibilidad de interactuar con tantos otros cuerpos como queramos, siempre que esas acciones en dicho cuerpo se anulen unas con otras. Cuando no, entonces...se requiere la 2ª Ley para cuantificar la interacción y el producto

$$m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \vec{a} \text{ (asumimos } m \text{ constante),} \quad (1)$$

que resulta independiente de la forma de interacción, resulta igual para los cuerpos interactuantes y por eso la caracteriza [3,4]. ¿Porque qué otro sentido puede tener multiplicar la masa de un objeto por su cambio de velocidad en el tiempo? Aquí hay que ser muy cuidadosos porque los estudiantes en su afán materializador de ideas, le dan a la fuerza una connotación existencial, como si los cuerpos tuvieran fuerzas almacenadas o algo así.

Si la 2ª Ley de Newton está relacionada con un sólo cuerpo, en la tercera Ley se analiza la interacción de ambos cuerpos. Se puede enunciar así: “Siempre que dos cuerpos interactúan, la fuerza que el primero ejerce sobre el segundo es igual y opuesta a la que el segundo ejerce sobre el primero”, o también como “A cada acción se opone una reacción”. La tercera ley involucra a más de un cuerpo.

La fuerza caracteriza la acción de un cuerpo sobre otro. No es una acción unilateral, sino una acción recíproca entre los cuerpos. Podemos decir que las fuerzas se dan en pares y que el par de fuerzas de acción y reacción forman una interacción entre dos objetos. Se refleja el hecho de que la acción de los cuerpos tiene carácter de interacción cuando al actuar un cuerpo sobre otro, recibe a su vez una acción por parte del segundo cuerpo. Estas dos fuerzas tienen:

- Igual valor numérico.
- Igual dirección y sentidos contrarios.
- Actúan en diferentes cuerpos.
- Igual naturaleza.

- Aparecem simultaneamente.
- No tiene sentido aplicarla a la resultante de fuerzas sobre un cuerpo.

Es importante, además, que los estudiantes no fragmenten la realidad a partir de las leyes de Newton, es decir, que entiendan que las leyes se dan simultáneamente, que forman un cuerpo teórico-conceptual independientemente de nuestra comprensión del problema y que nosotros sencillamente la reflejamos en un orden para su mejor comprensión.

2. EXPERIMENTOS FUNDAMENTALES PARA EL ESTUDIO DE LA TERCERA LEY DE NEWTON

Se pueden plantear inicialmente experimentos y situaciones que incluyan tres casos generales: acción entre dos cuerpos en contacto, acción entre dos cuerpos sin contacto entre ellos y acción entre dos cuerpos en movimiento.

Experimento 1: Caso de acción recíproca entre los cuerpos en contacto [5].

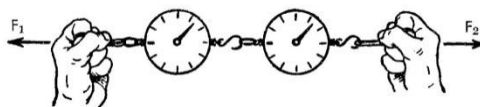
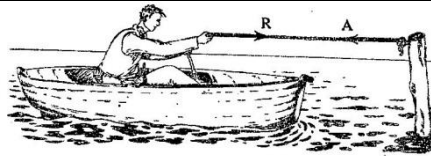


Figura 1 – Esquema de los dos dinamómetros marcando el mismo valor.

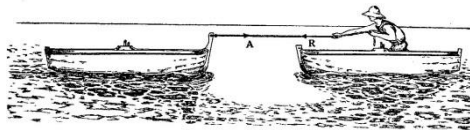
Consideremos dos dinamómetros conectados entre sí. Tiramos del anillo de uno de los dinamómetros en un sentido, y del anillo del otro, en el sentido opuesto. Ambos dinamómetros indican una fuerza de igual intensidad. Por consiguiente, las fuerzas F_1 y F_2 son de igual valor y de sentidos contrarios. Se ve claramente que las dos fuerzas se ejercen sobre dos cuerpos distintos.

La fuerza F_1 se ejerce sobre un dinamómetro, y la fuerza F_2 sobre el otro. La experiencia nos enseña que para estirar el resorte del primer dinamómetro hasta alcanzar una cierta división, hay que estirar el resorte del segundo dinamómetro hasta alcanzar esta misma división.

Consideremos ahora el caso de una persona que situada en un bote tira de una cuerda amarrada a un poste fijo, la acción A está aplicada al poste y la reacción R hace mover la lancha hacia el poste [6].

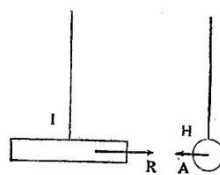
**Figura 2 – Dibujo del bote atado a un poste.**

Si en lugar de considerar el poste fijo, es otro bote libre, la acción A y la reacción R hacen mover ambas lanchas en sentidos opuestos.

**Figura 3 – Dibujo de dos botes que se mueven bajo la acción-reacción.**

Experimento 2: Caso de acción recíproca entre los cuerpos situados a cierta distancia uno del otro, sin puntos de contacto.

Un ejemplo curioso de acción y reacción se presenta en el caso de un imán I y un trozo de hierro H. El trozo de hierro es atraído por el imán, y recíprocamente. Si se suspenden ambos y se sitúan a una pequeña distancia, se puede observar que si inmovilizamos el imán, el hierro se mueve hacia él; cuando se inmoviliza el trozo de hierro, el imán se mueve hacia el imán; y por último, cuando se les deja libres, se reduce la distancia que los separa, llegando incluso a ponerse en contacto si es posible.

**Figura 4 – Imán y trozo de hierro interactuando.**

Podemos llegar a la conclusión de que la acción y la reacción producen efectos iguales y de sentidos contrarios.

Ahora coloquemos un imán sobre un carrito y sobre otro un pedazo de hierro, después atamos los dos carritos a dos dinamómetros y éstos a dos soportes fijos.

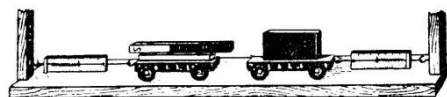
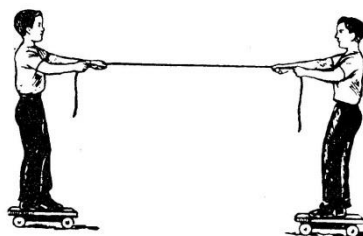


Figura 5 – Dinamômetros midiendo lo mismo en la interacción imán-hierro.

Como resultado de la atracción entre el imán y el hierro, los carritos se moverán el uno hacia el otro, estirando los resortes de los dinamómetros. Cuando lleguen a parar, ambos dinamómetros indicarán una fuerza de igual intensidad. Basados en este experimento, podemos decir que el imán atrae al hierro con la misma fuerza (en intensidad) con que el hierro atrae al imán.

Experimento 3: Consideremos ahora la acción mutua de dos cuerpos en movimiento, para ello podemos proponer un experimento sencillo a dos muchachos puestos de pie sobre dos carritos y que en las manos sujeten una cuerda.

**Figura 6 – Dibujo de dos muchachos sobre carritos tirando de una cuerda.**

Cuando los muchachos tiran de la cuerda, se ponen en movimiento junto con los carritos el uno hacia el otro. Ahora le entregamos a cada uno de los estudiantes un dinamómetro que son atados a los extremos de la cuerda y volvemos a realizar el experimento. Al estirar los dos de la cuerda, comienzan a moverse junto con los carritos al encuentro uno del otro, y observamos que los dinamómetros indican iguales valores modulares de las fuerzas. Repetimos otra vez el experimento, pero ahora la cuerda debe ser tirada por uno de los estudiantes y el otro sólo sostendrá la cuerda; en este caso la indicación de los dinamómetros será la misma, como en el caso anterior. Entonces podemos indicar claramente a los alumnos, que las fuerzas que actúan sobre los muchachos resultan siempre iguales y, en sentido opuesto, independiente de cómo los muchachos tiren de la cuerda.

3. OTROS EXPERIMENTOS SENCILLOS PARA AFIANZAR EL ESTUDIO DE LA TERCERA LEY DE NEWTON

Sabemos que si un cuerpo varía su estado inercial de movimiento, es porque otro u otros interactúan con éste. Ofrece muy buen resultado definir y dibujar las fuerzas en los dos (o más) cuerpos a partir de preguntarle al cuerpo interesado: ¿con quién tú interactúas?, y expresarlas en los pares de cuerpos que interactúan.

3.1. “Ventilador – patineta”

Os referencias teóricas servem de fundamentação para o estudo e são usados na análise dos resultados apresentados posteriormente. Deve ser dada preferência para publicações recentes, de periódicos especializados, conceituados, de livros

Un experimento que resulta muy impactante consiste en colocar un ventilador (normal de casa) sobre una patineta y frente al ventilador y apoyada sobre la patineta una vela (cartón rígido). Se puede contar una historia de: unos naufragos en medio del océano en un día sin vientos, mareas, sin remos...y que se les ocurre luego de serias meditaciones confeccionar una vela con casi todas las ropas y soplar contra ella con todas sus energías... paralelamente vamos incrementando la frecuencia del ventilador, más y más. Nada. Inútil. Deciden entonces “contactar” con Newton y después de la consulta, éste les dice: retiren la vela. Hacemos caso y la patineta comienza a desplazarse. Claro, ahora el peso es menor, dice algún estudiante. Entonces repetimos, dejamos la vela y sencillamente giramos 180 ° el ventilador, poniéndose el carrito en movimiento.



Figura 7 – Fotografia del sistema patineta-ventilador junto con la vela.

Si no se dispone de un ventilador puede utilizarse un globo con su presilla y se ofrecen buenos resultados.

También se puede realizar el experimento con el carrito en movimiento, primero en sentido contrario al chorro de aire (se incrementa la velocidad del carrito) y luego en igual sentido para tratar de detenerlo.

3.2. “Ley de Arquímedes”

En este mismo sentido es conveniente mostrar el experimento de la ley de ARQUÍMEDES, con el recipiente con agua en el que se introduce el cuerpo objeto del empuje, sobre una pesa o colgado de un dinamómetro, de modo que se evidencie y compruebe que el fluido actúa sobre el cuerpo y éste a su vez sobre el fluido aumentando el peso del sistema.

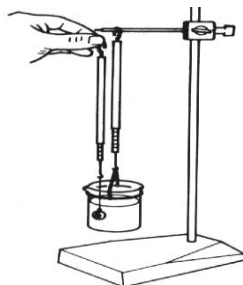


Figura 8 – Dibujo del experimento de Arquímedes.

Otra variante interesante consiste en sujetar a un soporte dos dinamómetros demostrativos [7]. En uno de los dinamómetros colocamos un recipiente con agua a la mitad de su volumen. Sumergimos en el agua un cilindro suspendido al segundo dinamómetro.

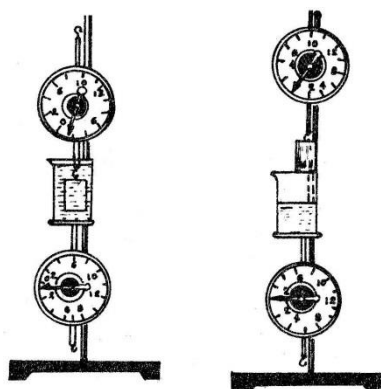


Figura 9 – Experimento de Arquímedes con dos dinamómetros.

Se observa que la indicación del primer dinamómetro aumentará tanto como disminuya la indicación del segundo. Por tanto, el cuerpo y el agua interactúan con fuerzas modularmente iguales, pero de sentidos contrarios.

3.3. “Interacción entre carritos”

Consideremos dos carritos de igual masa y que están unidos por un resorte comprimido y atados por un hilo [8]. Si quemamos el hilo o le cortamos, ambos carritos salen impulsados, producto de la acción del resorte, con velocidades \vec{v}_1 y \vec{v}_2 respectivamente. Si medimos dichas velocidades o su relación, podremos saber si las fuerzas que actuaron sobre cada vagón fueron o no iguales. Colocamos dos toques a ambos lados de los carritos y a una cierta distancia, medimos los tiempos correspondientes que tardan en recorrer las distancias que los separan hasta los toques y resultan ser aproximadamente iguales; así pues, las fuerzas que actuaron sobre cada carrito fueron iguales entre sí.

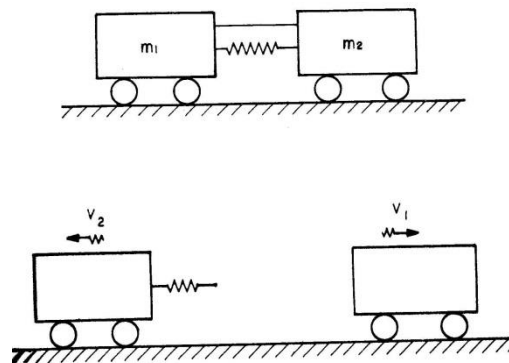


Figura 10 – Esquema de los dos carritos comprimiendo un resorte antes de romper el hilo y después.

Otra variante similar al experimento anterior es el correspondiente es utilizando una pinza y dos cuerpos iguales [8]. Sujetamos una pinza a la mesa con una hembrilla y le atamos sus tenazas, para convertirla en un disparador muy eficiente. Con velas, canicas u otros cuerpos de masas muy parecidas podemos, al quemar el hilo que sujeta las tenazas, provocar una explosión cuyo resultado es lanzar los cuerpos en sentidos contrarios.



Figura 11 – Fotografía de la pinza actuando sobre dos cuerpos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre la base de los experimentos realizados se indica a los alumnos que se llega a que al medir los espacios recorridos por los carritos y la duración de su movimiento, puede uno convencerse de que las aceleraciones a_1 y a_2 de los movimientos de los carritos con los muchachos son inversamente proporcionales a las masas en movimiento m_1 y m_2 , es decir:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2 \quad (2)$$

Pero

$$m_1 \cdot a_1 = F_1; m_2 \cdot a_2 = F_2 \rightarrow F_1 = F_2 \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que las aceleraciones que adquieren los cuerpos durante la interacción poseen sentidos diferentes, y como F_1 se ejerce en un carrito y F_2 en el otro, actuando en sentidos contrarios, podemos escribir la igualdad anterior en la forma:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (4)$$

Así llegamos a la conclusión de que los cuerpos durante la interacción experimentan fuerzas dirigidas a lo largo de una misma dirección, iguales en módulo y de sentido contrario; es decir, se llega al enunciado de la tercera ley de Newton, consiguiendo que los estudiantes capten la esencia de dicha ley.

También es importante subrayar a los alumnos, a través de los diferentes ejemplos, que las fuerzas están aplicadas a cuerpos diferentes, concluyendo que estas fuerzas no se compensan.

Cuando se finaliza el estudio de las leyes de Newton, se puede hacer énfasis, gracias a la ayuda de los experimentos propuestos, en las siguientes consideraciones:

- La primera ley se define sobre la base de la no existencia o compensación de las interacciones.

- En la segunda ley se acentúa la causalidad fuerza-aceleración, dándole a la fuerza (medida de la interacción) su carácter vectorial y causante del cambio y no de la velocidad del cuerpo (fuerza unilateral).
- En la tercera ley se expresa que la fuerza es la medida de la interacción y especifica la existencia de interacciones y no de acciones unilaterales o aisladas de cuerpos especiales (fuerza como interacción).

En la puesta a punto de estas propuestas, hemos encontrado resultados muy alentadores en los estudiantes y en profesores mayor motivación, más entrega al trabajo en el aula y extra clase, una participación oral y escrita mucho más rica en cantidad y calidad. No obstante, el resultado más favorable ha sido que gracias a nuestros enfoques metodológicos, se permite ir al alumno del fenómeno a la esencia, a la profundización y aplicación de los principios, leyes y conceptos y además a los métodos propios de la ciencia y su repercusión en la mentalidad del estudiante actual.

5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

Se presenta un sistema de experimentos significativos, analizando sus valores científico-metodológicos y sus interrelaciones con la resolución de cuestiones y preguntas. Mediante los valores metodológicos reflejados con estos experimentos se logra activar al máximo la actuación cognoscitiva de los estudiantes.

Se consigue fomentar que el alumno elabore sus preguntas y pueda contestarlas con una serie de experimentos sencillos. No es necesario, para ello, una especial instalación ni un costoso material de laboratorio. Solamente se necesitará un pequeño espacio libre en cualquier habitación y preparar el material buscando entre los utensilios más frecuentes y baratos que se pueda encontrar. Por supuesto la dirección del profesor resulta decisiva en el desarrollo del pensamiento y lógica de los alumnos.

Desde el punto de vista de la Física, para los estudiantes resulta muy lógico, coherente y consecuente el tratamiento que se sigue con esta metodología. Es tan sencillo como permitirles aplicar sistemáticamente una de las leyes que hemos definido como esenciales: la

tercera Ley de Newton en todo su espectro, enfatizando en el objeto de estudio y sus interacciones con el universo de interés.

Resulta reveladora la pregunta "¿Con quién tú interactúas?", "conversando" con el objeto observado, e incluso al mismo alumno, ya cuando están en la etapa de resolución del problema, ya que de esta manera ponemos de manifiesto las interacciones, y fortaleciendo la 3ª Ley de Newton.

REFERENCIAS

- J. Vila y A. Davalillo, *Física aplicada a la navegación: Mecánica y Fluidos* (Servicio de Publicaciones E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación, Bilbao, 1995), p. 67-68.
- J. Vila y C.J. Sierra, *Latin American Journal Of Physics Education* **2**, 241 (2008).
- M. Cuesta y T. Agudo, *La Física de COU en Problemas* (Servicio de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puetos, Santander, 1998), p. 54-55.
- S. Seno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **21**, 4 (1999).
- A.V. Piorishkin y V.V. Krauklis *Física I* (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1978) p. 89.
- M.F. Grau, *Elementos de Física* (Editorial Minerva, La Habana, 1960), p. 119.
- J. Ducongé, L. García, C.J. Sierra y J.H. García-Barbón, *Metodología de la Enseñanza de la Física en el Preuniversitario* (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1990), p. 114.
- I. Pazmiño y J. Vila, *Experimentos de Física (Mecánica)* (IMPSSUR, Machala, 2010), p.75-76.