

# INTERPRETACIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON

## INTRODUCCIÓN

Hay muchos movimientos en que nos resulta fácil dar una explicación satisfactoria de por qué se producen. Así, un pájaro que vuela avanzará en línea recta si la fuerza con la que bate el aire con las dos alas es la misma. Si desea cambiar la dirección, golpea el aire de un lado más fuertemente que el otro. Una barca avanza por que es impulsada por la fuerza de los remos. Un tren se mueve por la fuerza motriz que ejerce la locomotora.

En todos estos casos el movimiento es producido por una fuerza. Sin embargo, hay casos en los que la explicación del movimiento no es tan evidente: Si el pájaro que volaba es abatido por un cazador caerá verticalmente sin que, en apariencia, actúe una fuerza sobre él. Cuando los remos y la locomotora dejan de actuar, tanto la barca como el tren siguen en movimiento durante cierto tiempo, sin que aparentemente actúe sobre ellos ninguna fuerza.

El estudio de las causas del movimiento es el objeto de la Dinámica, cuyas leyes estudiaremos en esta unidad didáctica; donde, posteriormente, veremos la aplicación de dichas leyes a casos en que están involucradas una o varias partículas.

A continuación resaltaremos para cada una de las leyes de Newton, enunciados e interpretaciones que dejen claro lo que aseveran tales leyes y sus limitaciones, para pasar después a realizar un conjunto de problemas de aplicación.

### 1. Enunciados del Principio de Inercia

*<En ausencia de la aplicación de una fuerza no equilibrada, un cuerpo en reposo permanece en reposo, y un cuerpo ya en movimiento, permanece en movimiento con una velocidad constante>.*

WILSON, Jerry D. Física. 2ª edición. México: Prentice Hall, 1996

*<Un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y cero aceleración>.*

SEARS, Francis W., ZEMANSKY, Mark w., YOUNG, Hugo D. & FREEDMAN, Roger A.  
Física universitaria. Vol. 1. 11ª edición. México: Pearson Educación, 2004

<En ausencia de interacciones externas, el centro de masa de un objeto (o sistema) se mueve con una velocidad constante>. <Una interacción es una relación física *entre dos objetos* que, en ausencia de otras interacciones, *cambia* el movimiento de cada uno de ellos>

MOORE, Thomas A. Física. Seis ideas fundamentales. Tomo I. 2ª edición. México: McGraw Hill, 2004

*<Considérese un cuerpo sobre el cual no actúe alguna fuerza neta. Si el cuerpo está en reposo, permanecerá en reposo. Si el cuerpo está moviéndose a velocidad constante, continuará haciéndolo así>.*

HALLIDAY, David., RESNICK, Robert & KRANE, Kenneth S. Física. Vol. 1. 4ª edición. México: CECSA, 1993

*<Si un cuerpo está en reposo (o moviéndose uniformemente a lo largo de una línea recta) continuará en su estado de reposo (o de movimiento uniforme a lo largo de la línea recta) a no ser que se vea obligado a modificar dicho estado por la acción de algún agente externo. Esto ocurrirá solamente si se observa al cuerpo en un sistema de referencia inercial>.*

BRAUN, Eliezer. Física 1. Mecánica. 2a edición. México: Trillas, 1991

### Interpretación de la primera ley de newton

Traigamos a colación el enunciado de tal ley, para que en función de él obtengamos valiosas conclusiones. Recordemos que la ley se enuncia:

*Un cuerpo en reposo, permanecerá en reposo, y un cuerpo en movimiento rectilíneo uniforme (a velocidad constante) continuará con dicho movimiento, mientras no actúe sobre él una fuerza no equilibrada.*

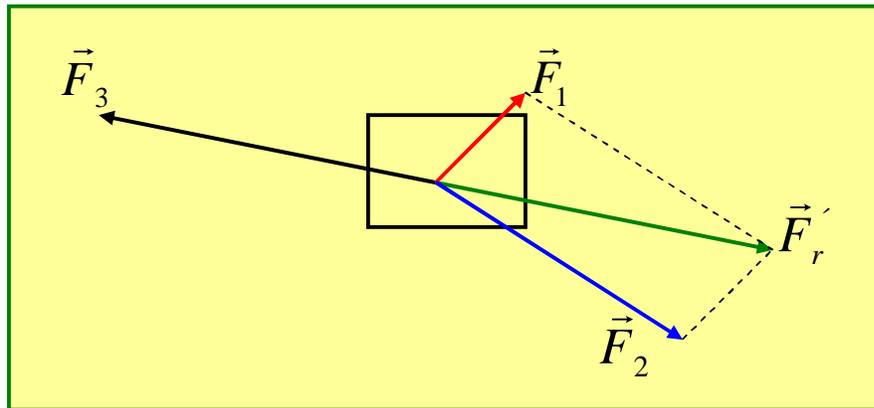
Matemáticamente quiere esto decir que: si un cuerpo está en reposo o en movimiento a velocidad constante, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el es cero, en otras palabras: si representamos por  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ , las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y éste está en reposo o moviéndose a velocidad constante, se cumple que:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \quad (\text{Ec. 3.1})$$

La Figura 3.1 aclara, lo antes expuesto con tres fuerzas actuando sobre un cuerpo, lo que se desea resaltar. La fuerza  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$ , al sumarse vectorialmente dan una resultante  $\vec{F}_r$  hacia la derecha, que al sumarse vectorialmente con  $\vec{F}_3$ , resulta:

$$\vec{F}_r + \vec{F}_3 = 0$$

Por ser  $\vec{F}_r = -\vec{F}_3$ , es decir, son vectores de igual magnitud y dirección pero de sentido contrario, por ende la partícula tiene la posibilidad de estar en reposo o en movimiento a velocidad constante, de acuerdo a la primera ley.



*Figura 3.1. Cuando la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es cero, el cuerpo está en reposo o en movimiento a velocidad constante.*

La Ec. 3.1, en virtud de la descomposición vectorial, puede escribirse también como:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \end{aligned} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Lo cual quiere significar que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo se han descompuesto individualmente en sus correspondientes componentes  $\vec{F}_x$  y  $\vec{F}_y$  a lo largo de los ejes X y Y. Es lógico pensar que si todas las fuerzas se anulan, la suma de todas las componentes X, de dichas fuerzas, debe ser también cero, e idénticamente, la suma de todas las componentes Y, de dichas fuerzas, cumplen con igual condición (Fig. 3.2).

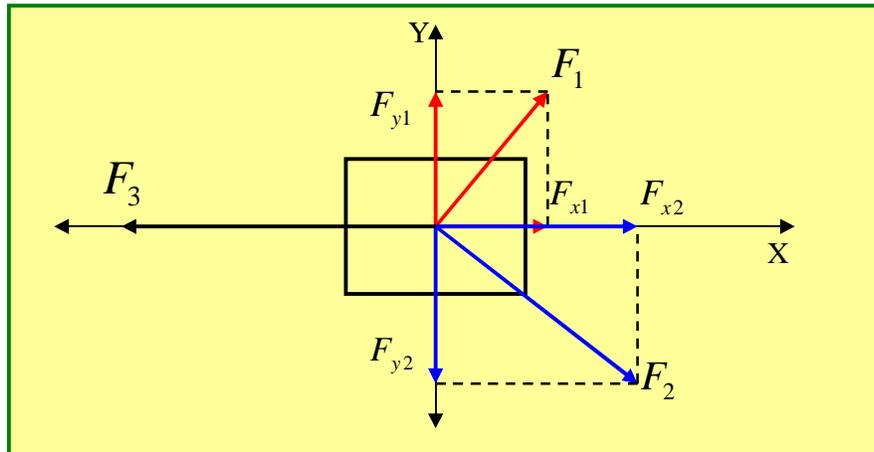


Fig. 3.2 La suma de las fuerzas a lo largo del eje X es cero. La suma de las fuerzas a lo largo del eje Y es cero.

Es de resaltar que el *Principio de Inercia* nos indica explícitamente, que si la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es cero, el cuerpo tiene dos posibilidades cinemáticas: a) Estar en reposo ( $v = 0$ ), o b) estar en movimiento rectilíneo uniforme ( $v = \text{cte } k 0$ ). Ambas posibilidades se denominan de equilibrio e implican que la aceleración del cuerpo es cero. Además, podríamos resaltar que la *Ec. 3.2*, sin tomar en cuenta rotaciones sobre su propio eje que pueda realizar un cuerpo en su movimiento, es la condición de equilibrio dinámico para el cuerpo. Otro nombre y así lo podrá conseguir el lector en otros textos, para estudiar cuerpos en equilibrio, es la denominada *estática*. En verdad, la *Ec. 3.2*, es lo que se conoce con el nombre de “*primera condición de equilibrio*” y este es el caso cuando el cuerpo en examen está en reposo ( $v = 0$ ) o moviéndose a velocidad constante ( $v = \text{cte } k 0$ ). La “*segunda condición de equilibrio*” es la correspondiente a que: la suma de los *torques* es igual a cero. En esta unidad didáctica asumimos que los cuerpos no son cuerpos extensos y rígidos sino puntuales; es decir, partículas. En consecuencia, no es necesaria la segunda condición de equilibrio para el tratamiento de las situaciones problemáticas, pero eso no quiere decir que el lector no tenga presente el hecho de que son *dos* las ecuaciones de equilibrio estático.

Cabe señalar que si sobre un cuerpo no detectamos *fuerza neta* aplicada, esto no quiere decir que no existan fuerzas aplicadas sobre él, sino que, lo que nos está indicando es que las interacciones del cuerpo en cuestión con otros cuerpos exteriores a él ocasionan fuerzas aplicadas cuyos *efectos netos* se anulan entre sí. La Figura 3.1 es pertinente a lo aquí señalado.

Afianzando un poco más las ideas alrededor del principio de inercia o primera ley de Newton señalaremos al lector que *siempre* que un cuerpo se mueva a velocidad constante, la *fuerza no equilibrada* es igual a cero.

Otro aspecto importante para recordarle al lector, respecto a esta ley, es su validez respecto a los sistemas de referencia, que discutiremos con amplitud más adelante en esta misma unidad. La idea es que todas las leyes de Newton son válidas en un sistema de referencia inercial; y que la primera ley de Newton permite una prueba de si un marco de referencia es inercial o no. Esto es de verdadera importancia porque si el sistema no es inercial la segunda ley de Newton puede no ser válida. Todo esto es mencionado porque no tiene sentido hablar de reposo o de movimiento de un cuerpo, como se hace en el enunciado de esta ley, si no se indica el sistema de referencia. Es aconsejable que el lector, al resolver situaciones problemáticas, utilice solamente sistemas de referencia inerciales.

## 2. Enunciados del Principio de proporcionalidad entre fuerza y aceleración

<La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza *neta* que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa. La dirección de la aceleración tiene la dirección de la fuerza neta que se aplica>.

WILSON, Jerry D. Física. 2ª edición. México: Prentice Hall, 1996

<Si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración>.

SEARS, Francis W., ZEMANSKY, Mark w., YOUNG, Hugo D. & FREEDMAN, Roger A. Física universitaria. Vol. 1. 11ª edición. México: Pearson Educación, 2004

<La aceleración de una partícula en respuesta a las fuerzas que sus interacciones ejercen sobre ella es igual a la fuerza neta  $\vec{F}_{net}$  (esto es, el *vector suma* de todas las fuerzas) que actúa sobre ella, dividida por su masa>.

MOORE, Thomas A. Física. Seis ideas fundamentales. Tomo I. 2ª edición. México: McGraw Hill, 2004

### Interpretación de la segunda ley de Newton

Pasamos a continuación a aclarar aspectos de la segunda ley de Newton o *principio de proporcionalidad entre fuerza y aceleración*, que nos lleven a la correcta interpretación de las mismas. El estudiante conoce la idea de que existe relación entre los movimientos de los cuerpos y las fuerzas aplicadas sobre ellos.

Recordemos el enunciado de la segunda ley:

Un objeto de masa  $m$ , sobre el que actúe una fuerza  $\vec{F}$ , adquiere una aceleración  $\vec{a}$  en la dirección de  $\vec{F}$ . El módulo o magnitud de  $\vec{a}$  es  $a = F/m$ ; donde  $F$  es el módulo o magnitud de la fuerza  $\vec{F}$  y  $m$  la masa del cuerpo.

La expresión matemática:  $\vec{F} = m\vec{a}$  (Ec. 3.3) es conocida por el lector y es necesario resaltar algunas consecuencias importantes de esta segunda ley de Newton.

1. Note que en el enunciado, la  $\vec{F}$  de la Ec. 3.3, es la fuerza total o neta, es decir, para aplicar la segunda ley de Newton Usted primero debe proceder a ubicar todas las fuerzas actuantes sobre el cuerpo en examen y luego realizar la suma vectorial de todas ellas, e igualar dicha fuerza no equilibrada al producto de la masa del cuerpo por la aceleración total, en la dirección de la fuerza neta.
2. La Ec. 3.3 quiere decir que son las fuerzas las que provocan aceleraciones, y jamás Usted debe pensar lo contrario.
3. La primera ley, Ec. 3.1, puede verse que es una particularidad de la Ec. 3.2, dado que, si la fuerza resultante que actúa sobre la partícula es nula, tendríamos  $0 = ma$ . Como la masa del cuerpo no es cero, necesariamente, en el producto de la derecha, para que éste sea nulo, debe cumplirse que:  $a = 0$ . ¿Pero, que significa  $a = 0$ ? En función de la definición de aceleración vista en el Núcleo Temático 2?

$$a = \Delta v / \Delta t$$

Si  $a = 0$  implica que  $\Delta v = 0$ , lo cual sólo es posible si la velocidad del cuerpo es constante; ya que:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 0 \quad \text{si} \quad v_1 = v_2 = \text{ctte}$$

La otra posibilidad para que  $\Delta v = 0$  es, obviamente, la que corresponde a la situación en la cual el cuerpo permanece en reposo, y en función del conocimiento de la primera ley de Newton notará Usted inmediatamente:

$$v = \text{ctte} \neq 0 \quad \text{o} \quad v = 0$$

Que son las condiciones que permite la aplicación de la ley de inercia. Podemos entonces concluir que la primera ley es una particularidad de la segunda.

4. La *Ec. 3.3*, también permite afirmar, que si la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es constante, (no cambia de magnitud, ni de dirección ni de sentido), la aceleración que sufrirá el cuerpo será constante y podremos establecer conexión entre los aspectos cinemáticos (movimiento con aceleración constante) y los dinámicos de una manera verdaderamente obvia. Necesariamente, es fácil concluir que si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo no es constante, el cuerpo realizará un movimiento con aceleración variable.
  
5. Recordamos que la masa  $m$  que aparece en la *Ec. 3.3* es la medida de la *inercia del cuerpo* y se denomina *masa inercial*.

Debemos aclarar, respecto a la *Ec. 3.3*, que por ser la resultante de todas las fuerzas un vector, ésta puede ser escrita en la siguiente forma:

$$\vec{F} = \left(\sum F_x\right)\hat{i} + \left(\sum F_y\right)\hat{j} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde  $\sum F_x$  y  $\sum F_y$  son respectivamente la suma de todas las componentes  $x$ , de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, y la suma de las componentes  $y$  de cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Como  $\vec{F} = m\vec{a}$ , podemos escribir que:

$$\vec{F} = \left(\sum F_x\right)\hat{i} + \left(\sum F_y\right)\hat{j} = m\vec{a} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Como  $\vec{a}$  es un vector la podemos escribir de la manera siguiente:

$$\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Si sustituimos la *Ec. 3.6* en la *Ec. 3.5*, obtendremos:

$$\left(\sum F_x\right)\hat{i} + \left(\sum F_y\right)\hat{j} = m\left[\left(a_x\right)\hat{i} + \left(a_y\right)\hat{j}\right]$$

Efectuando el producto indicado resulta:

$$\left(\sum F_x\right)\hat{i} + \left(\sum F_y\right)\hat{j} = \left(ma_x\right)\hat{i} + \left(ma_y\right)\hat{j}$$

De donde es fácil concluir que:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= ma_x \\ \sum F_y &= ma_y \end{aligned} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Si comparamos la Ec. 3.7 con la Ec. 3.1, es trivial la idea de que, efectivamente, la primera ley es una particularidad de la segunda, al hacer en la Ec. 3.7,  $a_x = 0$  y  $a_y = 0$ .

Se puede dar el caso, y así lo veremos en un conjunto de situaciones problemáticas que le resolveremos al lector, que el cuerpo presente aceleración solamente a lo largo de un eje, por consiguiente, en el otro la componente de la aceleración valga cero. Así, por ejemplo, si le aplicamos a un cuerpo la Ec. 3.7 y previamente conocemos que el cuerpo tiene aceleración solamente a lo largo del eje X ( $a_x = a$ ) ya que a lo largo del eje Y la suma de fuerzas es nula, y entonces,  $a_y = 0$ . La Ec. 3.7 se reduce a:

$$\sum F_x = ma \quad \text{y} \quad \sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Por el contrario, si nuestro cuerpo en examen posee a lo largo del eje Y una aceleración ( $a_y = a$ ), y no existe aceleración a lo largo del eje X, la Ec. 3.7, se transforma en:

$$\sum F_x = 0 \quad \text{y} \quad \sum F_y = ma \quad (\text{Ec. 3.9})$$

### 3. Enunciados del Principio de Acción y Reacción

*<Para toda fuerza (acción) existe una fuerza igual y opuesta (reacción)>.*

WILSON, Jerry D. Física. 2ª edición. México: Prentice Hall, 1996

*<Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una "acción"), entonces B ejerce una fuerza sobre A (una "reacción"). Estas fuerzas tienen la misma magnitud pero dirección opuesta, y actúan sobre diferentes cuerpos>.*

SEARS, Francis W., ZEMANSKY, Mark W., YOUNG, Hugo D. & FREEDMAN, Roger A. Física universitaria. Vol. 1. 11ª edición. México: Pearson Educación, 2004

*<Cuando dos objetos interactúan, la fuerza que la interacción ejerce sobre un objeto es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza que ejerce sobre el otro>.*

MOORE, Thomas A. Física. Seis ideas fundamentales. Tomo I. 2ª edición. México: McGraw Hill, 2004

*<A cada acción corresponde una reacción igual y opuesta>. <Cuando dos cuerpos ejercen fuerzas mutuas entre si, las dos fuerzas son siempre de igual magnitud y de dirección opuesta>.*

HALLIDAY, David., RESNICK, Robert & KRANE, Kenneth S. Física. Vol. 1. 4ª edición. México: CECSA, 1993

## Interpretación de la tercera ley de Newton

Recordemos el enunciado de esta ley, el cual establece:

*Cuando un cuerpo A interactúa con otro B, ejerce una fuerza  $\vec{F}_{AB}$  sobre el segundo cuerpo B y a su vez el segundo cuerpo B ejerce, siempre, una fuerza  $\vec{F}_{BA}$ , igual en magnitud y dirección pero de sentido contrario sobre A ( $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ ).*

Se puede extraer de la anterior afirmación los siguientes hechos verdaderamente importantes:

- a) La tercera ley de Newton permite garantizar la imposibilidad de conseguir una fuerza aislada en la naturaleza. En otras palabras, *en la naturaleza las fuerzas existen a pares*, es decir, cada vez que se ejerza una fuerza (acción) existirá una segunda fuerza (reacción). Los términos acción y reacción son arbitrarios, pues la fuerza que se considera “acción” muy bien podría ser “reacción” y viceversa.
- b) Las fuerzas de acción y reacción actúan sobre la misma recta de unión de los cuerpos, asumiendo puntuales (partículas) los cuerpos en interacción.
- c) Una fuerza actuando sobre un cuerpo es apenas un aspecto de la interacción de dicho cuerpo con otro cuerpo externo a él. Más concienzudamente, debe decirse que las fuerzas que obran sobre un cuerpo se originan en las interacciones que tal cuerpo tenga con otros o con sus “alrededores”.
- d) Siempre la acción y reacción actúan sobre cuerpos diferentes, es decir, *la acción y reacción, jamás actúan sobre un mismo cuerpo*, esto es, *no se equilibran*: dado que, cuando se habla de fuerzas que están en equilibrio, se supone que están aplicadas sobre un mismo cuerpo. Si se equilibraran la acción y la reacción, lo cual sabemos, es un absurdo, sería imposible en la naturaleza el movimiento de un cuerpo con aceleración.

En otras palabras, si eso llegara a pasar, a los cuerpos en la naturaleza sólo les quedaría las posibilidades contempladas en la primera ley de Newton, es decir: los cuerpos estarían en reposo, o bien, si desde el génesis de la creación alguno estuvo en movimiento, el único posible en la naturaleza sería el rectilíneo uniforme.

- e) La acción y la reacción son dos fuerzas que coexisten instantáneamente en un tiempo  $t$  considerado, asumiendo que en dicho tiempo la interacción no cambia.
- f) A pesar de que no es difícil memorizar, por la mayoría de las personas, el enunciado de esta ley y el hecho de poseer una aparente simplicidad, puede hacer creer a un lector poco reflexivo, que ella es evidente por sí misma. Esto, está muy alejado de la verdad; dado que, está abierta a importantes discusiones cuando se consideran fuerzas que cambian en función de la distancia de separación de los cuerpos y fuerzas que varíen con el tiempo. Aún más, si traemos comentarios del propio Newton, al respecto, se nos abren perspectivas de meditación concernientes a la tercera ley, hacia un concepto más puro que Newton desdeñó e incluso le daba miedo aceptarlo (el concepto de campo).

Newton decía:

*“Es imposible que la materia inanimada, es decir inerte, pueda operar e influir, sin la mediación de alguna cosa que no sea material, sobre la materia sin un contacto mutuo, como debe suceder si la gravitación, en el sentido Epicuro, fuese esencial e inherente a ella. Y esta es una razón por la cual no desearía tener que adscribirme a la gravedad innata. El que la gravedad deba ser innata, inherente y esencial a la materia, de modo que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de ninguna otra cosa, de modo que, mediante él y a través de él su acción y fuerza puede transportarse de un cuerpo a otro, es para mí un absurdo tan grande que no creo que halla ninguna persona competente en temas científicos que pueda nunca coincidir en ello”.*

La anterior cita hace ver al lector que Newton aceptó dificultades conceptuales insuperables para él, cuando su tercera ley, que trabaja perfectamente al considerar los cuerpos en interacción de contacto, no era fácil aplicarla a cuerpos muy separados en interacción gravitatoria. Es decir, para Newton era difícil aceptar el concepto de “acción a distancia”, se dio cuenta que tal concepto era una falla en su teoría, y justificaba la aplicación del principio de acción y reacción en vez del concepto de acción a distancia, diciendo que tal principio le había permitido calcular correctamente orbitas planetaria a partir de la ley de gravitación. En otras palabras, Newton concebía que tal concepto (acción a distancia) era una aplicación de la tercera ley.

Actualmente el problema de acción a distancia se aborda introduciendo el concepto de *campo*, y se concibe éste, como el agente intermediario y “conductor” de la interacción con la cual está relacionado. Si la interacción es gravitatoria, el campo es

gravitatorio, que fue la extrapolación a la cual se llevó el principio de acción y reacción, donde aparecen las dificultades conceptuales señaladas anteriormente.

Más claramente, si consideramos como señala la Fig. 3.3, dos cuerpos A y B separados una distancia  $d$ , y en interacción gravitatoria, sobre ambos cuerpos se aplican fuerzas de igual magnitud y dirección, pero de sentidos contrarios ( $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ ).

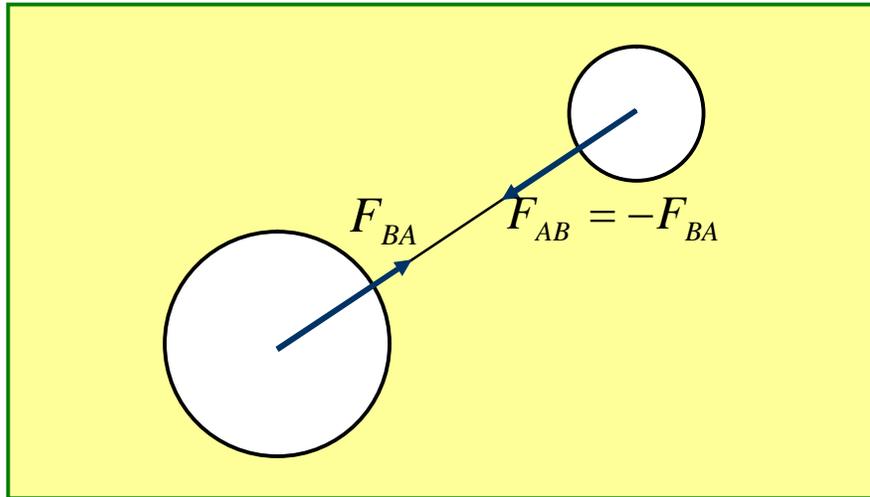


Fig. 3.3 Fuerzas de Acción y Reacción (a distancia).

Note que si el cuerpo A fuese puesto en movimiento por acción de otra fuerza que le aplique otro agente exterior, estaríamos en el problema de necesariamente explicar ¿cuánto tiempo  $t$  debe transcurrir para que el cuerpo B se “informe” del movimiento del cuerpo A? y ¿qué ha pasado con las fuerzas mutuas que se aplican A y B?

Antes decíamos que la acción a distancia se aborda a través del concepto de campo, es decir, el campo permite afirmar que efectivamente debe transcurrir un cierto lapso de tiempo para que “transmita la información” del movimiento de uno de los cuerpos al otro. Tal información es transmitida por el campo mismo. La perturbación del campo no se propaga a través del espacio de separación de los cuerpos de una manera instantánea, sino que debe hacerlo a una velocidad máxima, que es la velocidad de la luz, cuyo valor es de  $3 \times 10^8$  (m/s). En la práctica, como esta velocidad es muy grande podríamos erróneamente pensar que la transmisión es instantánea. Pero esto no es cierto en términos de la teoría de la relatividad. Newton que no conocía esto, caía en el error de despreciar el tiempo que tal perturbación tardaba en propagarse en el campo.

Si pudiéramos ignorar este agente intermedio (el campo) y considerar las fuerzas entre los cuerpos como si fueran ejercidas por el cuerpo A y el cuerpo B

directamente uno sobre otro estaríamos asumiendo, como Newton, una propagación instantánea de la perturbación del campo, lo cual como ya antes señalamos no es físicamente exacto.

Lo que estamos afirmando ha sido demostrado en el caso de cargas separadas una distancia  $d$ , en interacción electromagnética. Comprobándose realmente que el campo electromagnético transmite la información a la velocidad antes señalada. En el caso del campo gravitatorio la experimentación es más difícil de demostrar por lo débil de la interacción gravitatoria.

- g) Las fuerzas de acción y reacción tienen efectos diferentes, dependiendo de la inercia de los cuerpos que interactúan.

Debemos señalar al estudiante que cuando tratemos más adelante, en este mismo curso, la cantidad de movimiento lineal y su conservación, expondremos la forma elegante de arribar modernamente a las afirmaciones contenidas en la tercera ley de Newton (conservación de la cantidad de movimiento lineal).

## APLICACIONES DE LAS LEYES DE NEWTON

La aplicación de los cinco principios básicos de la mecánica estudiados hasta ahora (el principio de transmisibilidad y la ley del paralelogramo y los principios de inercia, de proporcionalidad entre fuerzas y aceleraciones y de acción y reacción), requiere de su plena comprensión. En el apartado anterior se profundizó en la interpretación de las leyes de Newton con el único propósito de que su comprensión nos lleve a repensar y reconstruir nuestras ideas y preconceptos acerca del movimiento y sus causas.

Las Actividades y Tareas tanto de trabajo autónomo e independiente como de trabajo cooperativo que se proponen en el presente módulo, tienen como propósito: primero, verificar hasta que punto realmente los conceptos desarrollados han sido comprendidos y, segundo, ilustrar la aplicación de las leyes de Newton y del método CPEE en la solución de situaciones problemáticas típicas.

De esta manera, se espera que los estudiantes aprendan significativamente los conceptos y leyes estudiados, para que así, logren modificar su estructura cognitiva y apliquen dicho método de manera tan sistemática que lleguen a desarrollar las competencias propias de un experto en la solución de problemas de física.