

Introducción al Conocimiento de la Física y la Química
Ciclo Introductorio- DCyT

Material teórico de apoyo y actividades Bloque Física

Autores

Coordinadora: Dra. Belizan A

Docentes a cargo: Lic. Badino M, Dra. Panelo L., Lic. Lanzillota S., Dr. Vilouta N., Ing. Rabey M., Lic. Bocai N., Dra. Toledo P., Lic. Yasynska O.

**INDICE**

UNIDAD 4: Movimiento del punto material	3
Introducción.....	3
Unidad 4.1. Descripción del movimiento.....	3
El concepto de movimiento	3
Algunas magnitudes asociadas al movimiento	6
Unidad 4.2 Leyes de Newton.....	11
Modelo de “partícula” o “punto material”	11
El concepto de fuerza en Física	12
Vector Fuerza: simbología y nomenclatura.....	14
Representación de fuerzas	15
Primera Ley de Newton.....	20
Segunda ley de Newton	26
Tercera ley de Newton	33
Bibliografía Bloque Física	40
Anexo I: Actividades Generales Física	41

UNIDAD 4: Movimiento del punto material

Introducción

En esta unidad intentaremos plantear una forma de analizar el movimiento de los cuerpos y el efecto que genera la acción de las fuerzas sobre estos. Serán cuestiones básicas que servirán para comenzar a construir un lenguaje común que se irá ampliando y profundizando en las próximas materias. En particular, desarrollaremos algunos aspectos de la física newtoniana.

Si bien los temas que veremos no son complicados, trabajaremos arduamente para comprenderlos y manejarlos de manera correcta, principalmente porque el lenguaje de la física newtoniana es muchas veces similar a nuestro lenguaje cotidiano, en el sentido que comparten gran cantidad de palabras, como “movimiento”, “fuerza”, “velocidad”, “posición”, etc. Pero la dificultad está en que todas estas palabras poseen un significado distinto y particular en el contexto de la Física, prestándose así a confusión. Por lo tanto, cuando nosotros describimos un movimiento en el lenguaje cotidiano, probablemente no signifique lo mismo que en el lenguaje que utilizaremos en física; o bien leeremos una descripción hecha desde la física newtoniana y nos parecerá bastante contra-intuitiva, al estar acostumbrados al uso que normalmente le damos a los términos utilizados.

Buena parte del trabajo en esta unidad estará dedicado a poder describir fenómenos relacionados al movimiento con un lenguaje particular, haciendo uso de palabras cotidianas, pero que hacen referencia a ideas para nada cotidianas. Para ello estaremos modelizando, construyendo y manipulando representaciones del mundo que nos rodea, analizándolas y discutiendo qué tan bien -o no- estas se adaptan y sirven para describir los objetos y fenómenos que nos interesa comprender.

Unidad 4.1. Descripción del movimiento

Contenidos: Algunos conceptos que describen el movimiento. Sistema de referencia. Sistema de coordenadas. Posición. Trayectoria.

El concepto de movimiento

Actividad Introdutoria 1

Un pasajero al que denominamos A, junto con otro al que denominamos B, viajan sentados en el primer vagón de un tren que se desplaza a 35 km/h.

Una señora C, parada en el andén de la estación, observa el paso del tren.



¿Qué se puede decir respecto al estado de movimiento o de reposo de los personajes: A, B y C? Indica de qué te has valido para dar respuesta a la pregunta planteada

Una vez que hayas intentado una respuesta a la pregunta anterior, te sugiero que veas este breve fragmento de la charla TED, llamada **Los patovicas de la Ciencia**. Anota los términos que te parecen conocidos y los novedosos para poder discutirlos después.

<https://www.youtube.com/watch?v=IZdIOCFdOaE> (consultado el 14/03/2022)

Con las explicaciones que se dieron en el video y retomando el ejercicio anterior, contesta estas preguntas:

- ¿Se puede asegurar con certeza que C está en reposo con respecto a A y B?**
- ¿Se puede asegurar con certeza que B está en reposo con respecto a A?**
- ¿Podríamos afirmar que A, B y C están en movimiento?**

Para enriquecer las preguntas anteriores, te sugiero que veas el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=18F3bqyWBqk> (consultado el 14/03/2022)

Sigamos con el ejemplo del tren, pero complejizando las condiciones.

Justo cuando el tren pasa frente a la señora C, se desprende la lámpara que está en el centro del vagón.

Contesta estas preguntas:

- Para el señor B: ¿cuál será la velocidad inicial de la lámpara?, ¿qué trayectoria sigue la lámpara cuando se desprende del techo?**
- Para la señora C: ¿cuál será la velocidad inicial de la lámpara?, ¿qué trayectoria sigue la lámpara cuando se desprende del techo?**

Una vez que hayas intentado dar respuesta a las preguntas, te sugiero que veas este video que habla sobre la relatividad del movimiento:

<https://www.youtube.com/watch?v=WPVnoNtN4kg> (consultado el 14/03/2022)

Si el pasajero A, mientras está sentado en su asiento comienza a mover los brazos describiendo una trayectoria circular, según puede apreciar el pasajero B.

- f) *¿Es apropiado decir que el pasajero A está en reposo respecto de B? Justifica la respuesta.*
- g) *¿Todos los observadores que observan un cuerpo que se mueve, lo ven hacerlo del mismo modo? ¿puede cambiar según el observador?*

Una vez que hayas intentado una respuesta a la pregunta, te sugerimos que veas este video:

https://www.youtube.com/watch?v=1Wqe6fC9K_I (consultado el 14/03/2022)

- h) **En base a lo estudiado hasta el momento ¿Podrías armar un texto de no más de 5 renglones donde argumentes sobre la relatividad del movimiento?**

Una vez resueltas estas actividades, intentaremos formalizar algunos conceptos vinculados a la descripción del movimiento.

En Física decimos que un cuerpo se **mueve** cuando **cambia de posición**, con respecto a un **sistema de referencia**. Como el movimiento depende del sistema de referencia, podemos decir que el movimiento es **relativo**. Es decir, el movimiento de un cuerpo no se puede definir en el vacío, sin ninguna otra referencia más que sí mismo. Para hablar sobre el movimiento de un cuerpo y describirlo, tendremos que decir en relación o con respecto a qué lo estamos analizando.

Pero **¿qué es un sistema o marco de referencia (SR)?** Podemos definirlo como un cuerpo, o algún conjunto determinado de cuerpos, que tomaremos como referencia para describir el movimiento. De esta manera, el entorno que rodea a un cuerpo -como la estación de tren en el ejemplo de la actividad introductoria- puede ser un sistema de referencia, para estudiar el movimiento del tren. Pero también puede tomarse como sistema de referencia al tren, cuando queremos estudiar lo que ocurre dentro del mismo.

A todo SR se le asocia un sistema de coordenadas (SC). El SC está compuesto por ejes cartesianos y una escala de longitudes, que nos permitirá establecer posiciones y determinar un sentido (+ o -) (Ver figura 1).

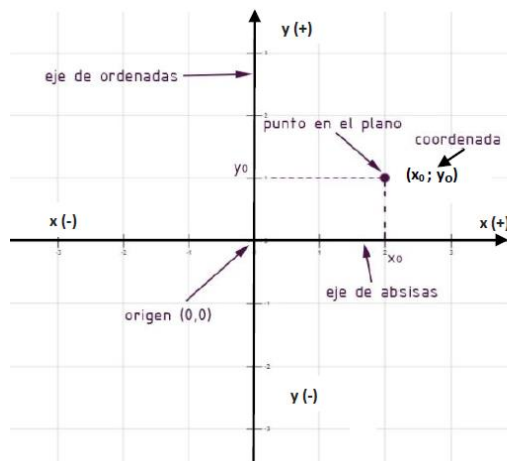


Fig.1. Sistema de coordenadas.

El **sistema de coordenadas** cartesianas que se utilizará en este curso será en dos dimensiones (x ; y). Está formado por dos rectas perpendiculares entre sí, llamadas ejes de coordenadas, que se cortan en un punto llamado origen "O", de coordenadas $(0;0)$. Un último aspecto que se desprende de estos ejemplos que estamos dando: el sistema de referencias es completamente arbitrario. Es por ello que cuando queramos analizar el movimiento de un cuerpo, siempre tendremos que determinar el SR que vamos a utilizar. Esto será fundamental, ya que dependiendo del SR que elijamos, el movimiento del cuerpo variará. Una vez que hayamos definido un sistema de referencia y le hayamos asociado un sistema de coordenadas, podremos hacer uso de una serie de magnitudes -escalares y vectoriales- para describir y caracterizar el movimiento de un cuerpo.

Algunas magnitudes asociadas al movimiento

Distancia recorrida, desplazamiento y posición

Una de las magnitudes que nos permitirán caracterizar el movimiento y tal vez sea más intuitiva, es la **distancia** recorrida. La misma hace referencia a la longitud de la trayectoria de un objeto. La **trayectoria** es el camino que traza el objeto en el espacio. La distancia es una magnitud escalar, por lo que para expresarla, nos alcanzará con utilizar un valor numérico expresado en unidades de longitud, que podrán ser metros y sus unidades derivadas del Sistema Internacional (SI). Así, podemos decir que la distancia recorrida por David Thoreau cada mañana desde su casa hasta la laguna de Walden¹ eran de -por ejemplo- 8 o 7 km, dependiendo

¹ Henry David Thoreau (1817-1862) fue un escritor y agrimensor estadounidense que vivió durante dos años en los bosques de Concord, Massachusetts, en una cabaña construida por él mismo, a orillas del lago Walden.

qué camino específico decidiera tomar. Ambas trayectorias pueden verse ilustradas en la figura siguiente (Figura 2), en líneas punteadas roja y verde, respectivamente:

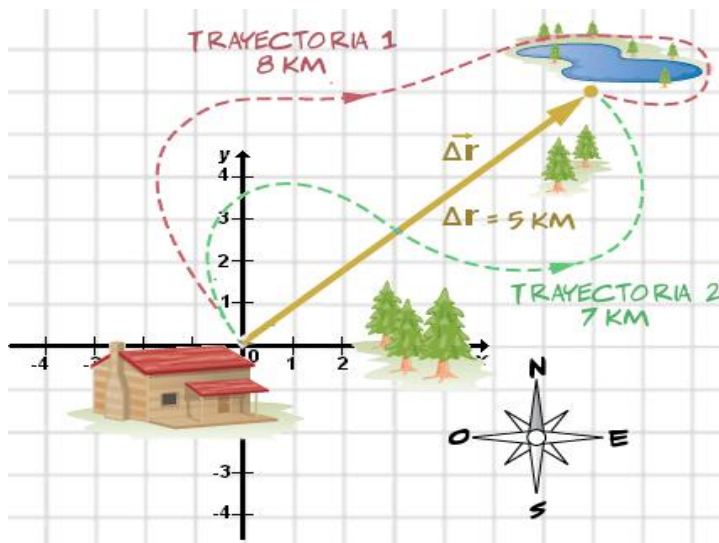


Fig. 2. Representación gráfica de la trayectoria, y del vector posición de acuerdo a la situación planteada en el texto.

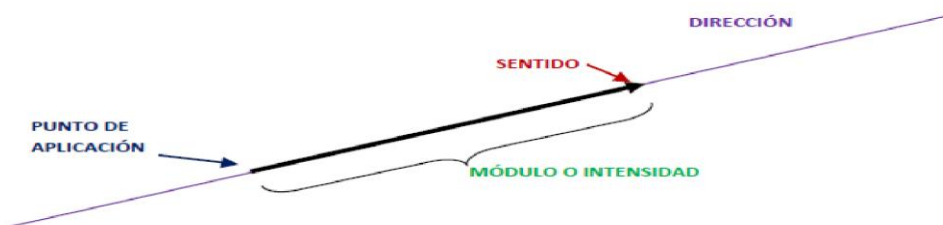
Otra magnitud que podemos asociar al movimiento es el desplazamiento. El **desplazamiento** es la diferencia entre la posición final y la posición inicial de un cuerpo. Desde el punto de vista gráfico, lo podemos describir trazando un vector con origen en la posición inicial del cuerpo y extremo en la posición final. Para el ejemplo que recién mencionamos sobre Thoreau, su desplazamiento es el que podemos ver en la imagen anterior trazado como un vector (la flecha marrón) con origen en la cabaña (posición inicial) y la laguna (posición final), y simbolizado como Δr . Podemos señalar una serie de particularidades del desplazamiento que lo diferencian de la distancia recorrida. En primer lugar, como se puede ver en la imagen, *el desplazamiento es independiente de la trayectoria que haya seguido el cuerpo* y de la distancia recorrida. Es decir, sin importar que Thoreau haya decidido ir a la laguna por el camino de 8 km o por el de 7 km, en ambos casos su desplazamiento habría sido de 5 km. En segundo lugar, mientras que la distancia recorrida es una magnitud escalar, el desplazamiento es una magnitud vectorial (ver recuadro X). En tercer y último lugar, puede ocurrir que un cuerpo se mueva pero que no se haya desplazado. ¿Cómo es esto? Imaginen que Thoreau parte de su cabaña camino a la laguna, tomando el camino de 8 km, se pasa la mañana admirando el paisaje en la orilla y unas horas después decide volver su cabaña a cocinar por el camino de 7 km. En ese caso, podemos decir que en el período de tiempo en el que Thoreau partió de la cabaña y volvió para cocinar, no hubo desplazamiento (ya que su posición inicial y final coinciden, es decir, volvió al punto de partida). Pero, claro está, sí se movió, ya que recorrió una distancia de -entre la ida y la vuelta- 15 km. Dicho de otra forma, siempre que en un período de tiempo la posición inicial y final de un cuerpo sean las mismas, el desplazamiento de un cuerpo habrá sido nulo, incluso cuando éste haya recorrido una determinada distancia.



Para leer

Magnitudes vectoriales y caracterización de vectores

El **vector** es otra herramienta matemática de muchísima utilidad en Física. En matemática, un vector se define como un segmento orientado y su representación gráfica es una flecha. Los componentes de un vector, son:



Punto de aplicación: origen del vector

Dirección: recta sobre la cual está aplicado el vector

Sentido: dado por la flecha

Módulo o intensidad: medida del vector

Los vectores nos permiten definir las **magnitudes vectoriales**.

Las magnitudes vectoriales son aquellas que requieren de un vector para quedar perfectamente determinadas.

Por ejemplo, cuando decimos que tal objeto se desplazó 4m (**módulo o intensidad**), es necesario decir hacia dónde (**dirección y sentido**) y desde donde (**punto de aplicación**), para que ese desplazamiento quede perfectamente determinado.

Otros ejemplos de magnitudes vectoriales que trabajaremos en este bloque son: *posición, velocidad, aceleración y fuerza*.

En este video podrás repasar los conceptos sobre magnitudes vectoriales y escalares con ejemplos ilustrativos.

https://drive.google.com/file/d/1a-H_KcMpkzjMIIXI56lphBPHQyYz8G5q/view?usp=sharing

Algo menos obvio, pero no por eso menos importante, es que también la posición es una magnitud vectorial. La **posición** es la ubicación de un cuerpo en relación a un sistema de referencia. Para definir a esta, necesitaremos decir no sólo a qué distancia se encuentra el objeto que queremos ubicar de aquello que tomamos como referencia, sino también hacia dónde. En el caso que usemos sistemas de coordenadas cartesianos, nuestra referencia principal será el punto O, el origen del sistema. Luego de haber determinado un sistema de referencia (SR) y un sistema de coordenadas (SC), podremos especificar la posición de un cuerpo

con un vector que tendrá su origen en el origen de coordenadas y extremo en el punto donde está posicionado el cuerpo en estudio.

Siguiendo con el ejemplo anterior, supongamos que queremos describir la posición de Thoreau en dos momentos distintos durante su viaje a la laguna por el camino de 7 km (ver Figura 3).

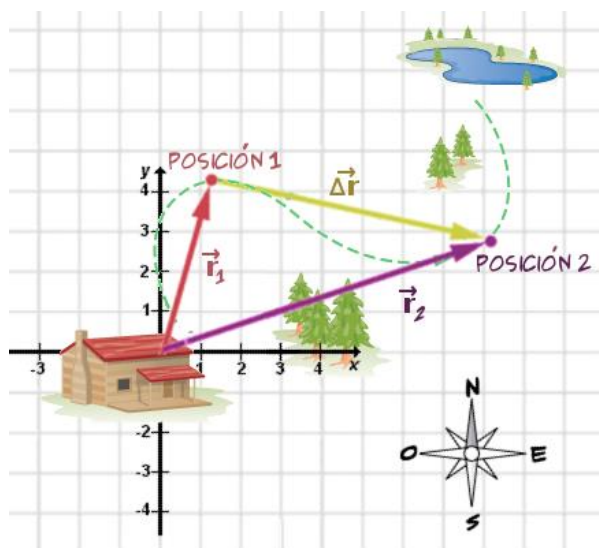


Fig. 3. Representación gráfica de los vectores posición y el vector desplazamiento de acuerdo a la situación planteada en el texto.

Como pueden observar en la figura 3, ambas posiciones (1 y 2) son representadas con los vectores r_1 y r_2 , respectivamente. Presten atención que estos vectores no indican desplazamiento, sino simplemente la posición de Thoreau en distintos tiempos respecto al origen de coordenadas (que ubicamos junto a la cabaña). El que sí indica un desplazamiento es el vector², que surge de la diferencia entre r_1 y r_2 , y que señala cuál es el desplazamiento de Thoreau entre el instante en que se encontraba en la posición 1 y el instante en que se encontraba en la posición 2.

Rapidez y velocidad

Teniendo en cuenta la distancia (magnitud escalar) y el desplazamiento (magnitud vectorial), podemos derivar de estas la rapidez y la velocidad, respectivamente. Físicamente, podemos decir que la **rapidez** nos da una idea de qué tan rápido se desplaza un móvil, sin aclarar en qué dirección lo hace. Es por ello que la rapidez es una magnitud escalar. En la vida cotidiana la rapidez de un móvil suele variar a lo largo de tiempo analizado, por lo que convenimos en hablar de rapidez media (o promedio) y matemáticamente se puede expresar como:

² Como dijimos anteriormente, este vector desplazamiento será el resultado de la diferencia entre los vectores posición r_1 y r_2 , pero no abordaremos durante la materia -ni es necesario que lo sepan- el modo de hacer este tipo de cuentas entre vectores.

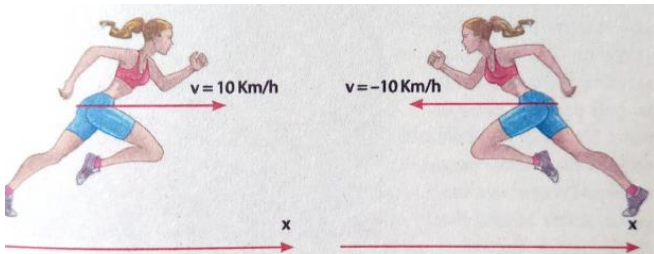
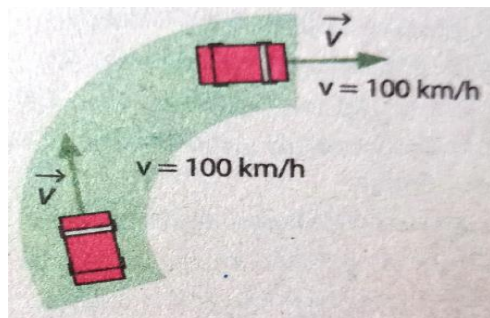
$$\text{rapidez media} = \frac{\text{distancia total recorrida}}{\text{Tiempo empleado}}$$

Tiempo empleado

La **velocidad** en cambio, es una magnitud vectorial que expresa tanto la rapidez del movimiento, como su dirección y sentido. También hablaremos de velocidad media, y su expresión matemática es:

$$\text{velocidad media} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{tiempo empleado}} = \frac{\Delta r}{rt}$$

Analicemos estos dos ejemplos:

	Las dos atletas tienen la misma rapidez (10 km/h), pero distinta velocidad, ya que una corre con dirección este-oeste; y la otra con dirección oeste-este. Es por ello que a la velocidad se le debe asignar un signo, según el SC previamente determinado.
	El vehículo conserva la rapidez (100 km/h), pero a medida que recorre la curva, modifica su velocidad; es decir, cambia la dirección del vector. La rapidez es el módulo del vector velocidad, por lo que para mantener la velocidad constante, no deben variar ni el módulo, ni la dirección del vector velocidad.

Es importante resaltar que en este curso solo nos ocuparemos de movimientos a lo largo de una línea recta, es decir, rectilíneos. En estos casos la dirección del vector velocidad no cambia, por lo que muchas veces se puede confundir rapidez con velocidad.

Por último, mencionaremos una magnitud que más tarde trataremos en mayor detalle: la **aceleración**. Así como al considerar el cambio de desplazamiento en función del tiempo, obtenemos la velocidad de un cuerpo, de igual manera, si consideramos la variación de velocidad en función del tiempo, obtendremos la aceleración. Volveremos a tratar y profundizar esta magnitud más adelante, al abordar las leyes de Newton.

Unidad 4.2 Leyes de Newton

Contenidos: El concepto de fuerza y de cantidad de movimiento. Descripción de las interacciones fundamentales. Leyes de Newton. Aceleración. Aplicaciones de las leyes de Newton. Evolución de las teorías sobre la mecánica a través del tiempo.

Modelo de “partícula” o “punto material”

La Física es una ciencia “fáctica”, es decir, estudia los fenómenos. Para ello, frente a una realidad compleja y cambiante -y a los fines de sistematizar el conocimiento- construye sistemas conceptuales que permiten comprenderla: las **teorías científicas**. Las teorías científicas son sistemas de ideas (conceptos, proposiciones, leyes) relacionadas entre sí, que **se refieren a modelos que se construyen sobre la realidad**. Las teorías científicas tratan con modelos ideales que se suponen representan, de modo más o menos simbólicos y con alguna aproximación, ciertos aspectos de los sistemas o fenómenos que se estudian, pero jamás todos sus aspectos.

Según Bunge (2000) *, los científicos hacen conjeturas sobre lo que hay tras los hechos o fenómenos, abstraen e idealizan la situación bajo análisis, desprecian variables -por considerarlas irrelevantes en el fenómeno que se está analizando- y continuamente inventan conceptos que carecen de correlato empírico, aún cuando presumiblemente se refieren a cosas, cualidades o relaciones existentes objetivamente. Las teorías científicas, los conceptos que se definen, sus leyes, no tienen como referente directo a los fenómenos sino a representaciones simplificadas de los mismos. La adecuación de la teoría con la realidad y la validez del modelo propuesto se controlan con las experiencias.

Hemos señalado que la formulación de una ley, de una teoría científica, supone simplificaciones tanto en la elección de las variables relevantes como en la formulación de hipótesis acerca de las relaciones entre ellas. Esas simplificaciones se practican siempre.

*Bunge, M. (1969). La investigación científica. Su estrategia y su filosofía. Barcelona: Ariel. OCLC 5394770, última reedición en 2000 por México: Siglo XXI Editores.

Veamos un ejemplo para analizar lo que venimos diciendo. Consideremos el estudio del movimiento de una pelota que se lanza al aire hacia arriba. Como veremos más adelante, elegido un sistema de referencia, el movimiento resultante dependerá de las condiciones iniciales, en este caso de la velocidad inicial, y de la(s) fuerza(s) que se ejercen sobre la pelota. A la pelota se le asignan propiedades tales como el color, la temperatura, la superficie algo irregular y el giro que realiza mientras asciende. Estas cuestiones se presentan como irrelevantes para la descripción completa del movimiento; podría decirse que se hace un **recorte del**

sistema de estudio (pelota). Además, sobre ella se ejerce la fuerza gravitatoria, que disminuye ligeramente a medida que la pelota asciende; y la resistencia del aire (rozamiento) y el empuje del mismo dan lugar a efectos adicionales. Pueden existir también corrientes variables de aire que compliquen aún más estos efectos, por lo que podríamos hacer una **simplificación del sistema**, ya que su incidencia es despreciable frente a otros factores intervinientes. Además, podemos simplificar en el movimiento de la pelota, las implicancias de la atracción gravitatoria de la Luna (ya que no hay diferencias apreciables en el comportamiento de la pelota cuando hay luna llena o cuarto menguante, o si la Luna está delante o detrás), y lo mismo podríamos pensar en relación con los efectos del Sol.

Pero podemos seguir haciendo simplificaciones y a través de la **postulación de entidades ideales**, podemos esquematizar a la pelota como una **partícula o punto material** (una masa puntual, sin tamaño, forma ni giro) y considerar que todas las fuerzas actúan sobre dicho punto. Entonces, podremos aplicar las leyes que se cumplen exactamente para el punto material (entidad ideal), por ejemplo, las leyes de Newton, y las leyes del tiro vertical que estudiaste en el Secundario. El término "**partícula**" o "**punto material**" está asociado frecuentemente con algo de dimensiones pequeñas.

Ahora bien, no es ese el significado que se le da al término en física. Se trata de una **entidad abstracta, sin referentes fácticos directos, cuya deformación, vibración y rotación pueden ser dejadas de lado (por irrelevantes) en el análisis que se está encarando; y solo se considere su movimiento de traslación**. Entonces, se puede modelizar como punto material (o partícula) a cualquier cuerpo en el que las fuerzas que actúan sobre él, sólo modifiquen su movimiento de traslación.

Ejemplifiquemos lo dicho con una situación concreta. Cuando decimos que, por ejemplo, un auto de carreras va a una velocidad de 200 km/h ese valor de la velocidad la comparten el espejo, el asiento, el botón del traje del corredor, o de cualquier otro punto que se está trasladando. Tomemos como sistema de estudio al auto y al corredor. Independientemente de que durante cierto trayecto, por ejemplo, el corredor maneje con una o dos manos, parecería que para la magnitud que estamos analizando (la velocidad) no interesan los comportamientos internos del sistema. La velocidad de un solo punto del sistema en estudio representa perfectamente al resto, si lo que queremos es describir su movimiento de traslación. Es posible modelizar entonces al sistema auto-corredor como un punto material ya que para el estudio que nos interesa sólo importa conocer lo que ocurre con un punto que representa al sistema y con su descripción ahorrar la de cualquier detalle del mismo. Si en algún momento el auto derrapa y comienza a dar vuelcos, y nos interesa el estudio de ese movimiento, ya no podemos modelar al sistema como punto material.

El concepto de fuerza en Física

En los apartados anteriores se comenzó a definir qué es el movimiento y cómo podemos describirlo. Uno de los conceptos más importantes es que el movimiento es relativo y que para describirlo es necesario predefinir

un sistema de referencia y un sistema de coordenadas, a partir de los cuales cobra sentido la descripción del mismo.

A continuación, se hará foco en estudiar qué causa que un cuerpo cambie su estado de movimiento. El mundo que nos rodea es un mundo físico en el cual existen cuerpos e interacciones entre ellos que son objeto de estudio de la Física. La forma en que los cuerpos se comportan depende de esas interacciones y la Física intenta describir y predecir dicho comportamiento a través de principios, leyes y teorías. Una de las interacciones que se presentan en la naturaleza y que nos interesa estudiar son las fuerzas. Pero ¿Qué es una fuerza? ¿Qué tipos de fuerzas hay? ¿Cómo modifican estas el movimiento de los cuerpos? ¿Cómo podemos describir una fuerza? ¿Cómo la podemos percibir? ¿Qué ocurre si se ejerce más de una fuerza sobre el mismo cuerpo? A medida que avancemos iremos respondiendo estas preguntas, echando mano de dos herramientas fundamentales: el diagrama de cuerpo libre y las leyes de Newton.

Sin intención de dar una definición acabada -ya que se enriquecerá la idea de fuerza cuando se aborden las leyes de Newton- en Física al hablar de Fuerza, se hace referencia a una **magnitud vectorial** que puede pensarse como **una interacción entre cuerpos capaz de producir deformaciones y/o cambios en el vector velocidad (tanto en el módulo como en la dirección y/o sentido) del sistema bajo estudio**³. Se da el nombre de interacciones mecánicas a las interacciones que se manifiestan por medio de fuerzas de un cuerpo sobre otro.

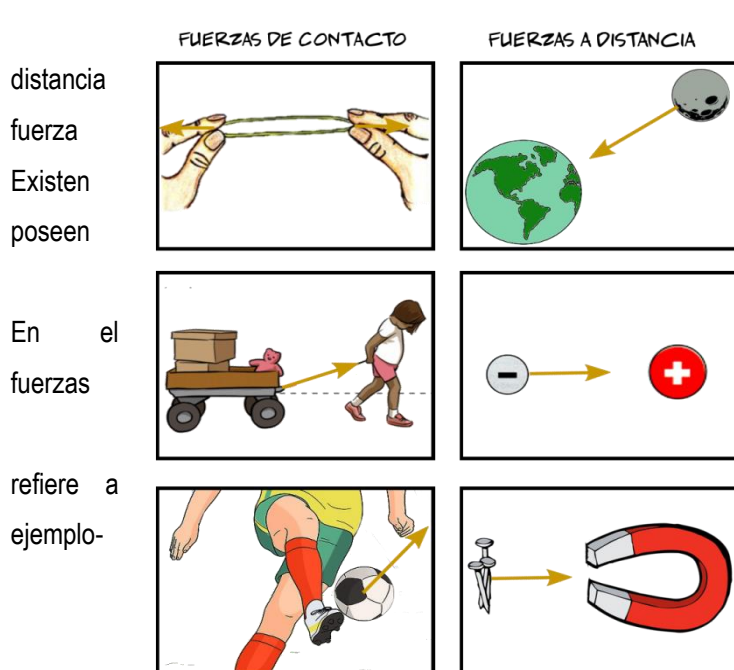
Necesariamente, cuando se hace referencia a las fuerzas, *en todos los casos* se trata de la interacción entre el **sistema** que se esté analizando (caja, carrito, pelota, etc.) y algún elemento del **medio o entorno** (persona, soga, suelo, etc). Es decir, la interacción involucra dos partes: sistema en estudio y elemento del medio exterior o del entorno.

Es muy importante destacar, un aspecto que será retomado en profundidad cuando se aborde la 3ª ley de Newton, conocida como principio de interacción. Las fuerzas siempre se presentan de a pares, es decir, el medio o entorno (persona, soga, suelo, etc.) ejerce una fuerza sobre el sistema de estudio (caja, carrito, pelota, etc.); pero simultáneamente, el sistema de estudio, ejerce una fuerza sobre el medio o entorno. A este par de fuerzas se les denomina parejas de interacción.

Clasificación de las fuerzas

Como una primera aproximación macroscópica al estudio de las fuerzas, se propone una clasificación general en dos grandes grupos: **de contacto** que surgen de la interacción directa entre los cuerpos y **de acción a distancia**, donde no hace falta que los cuerpos estén en contacto (Figura 1).

³ En la parte 2 de este material se abordó la idea de sistema, y en particular de sistema de estudio. En las secciones siguientes se profundizará el concepto, enriqueciéndolo con ejemplos.



Un ejemplo de fuerza a distancia es la fuerza **Peso** ($\mathbf{P}$ o $\vec{P}$), que es la que ejerce la Tierra sobre un cuerpo. otras fuerzas en la naturaleza que esta característica: las fuerzas **eléctricas** y las fuerzas **magnéticas**. primer caso, se hace referencia a vinculadas a cuerpos cargados eléctricamente y en el segundo caso se la fuerza magnética producida -por por un imán.

Fig. 1. Ejemplos de fuerzas de contacto o ejercidas a distancia (o de campo)

Vector Fuerza: simbología y nomenclatura

La fuerza ($\mathbf{F}$ o $\vec{F}$) es una magnitud vectorial que se mide en la unidad del Sistema Internacional Newton (N). Es importante recordar que se definió a una magnitud vectorial como aquella que para quedar totalmente definida además de un valor y su unidad es necesario especificar la dirección y sentido. Las magnitudes vectoriales se representan a través de un vector como puede observarse en la Figura 2, es decir, una flecha cuyo origen es el punto de aplicación de la fuerza, la longitud es igual al módulo de la fuerza y la cabeza indica el sentido de la fuerza.

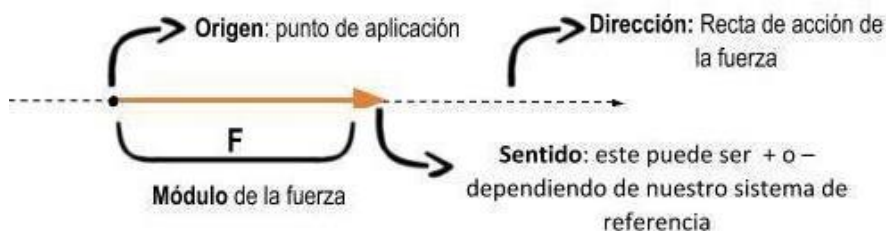


Fig. 2. Características del vector F

Al escribir, ¿Cómo se puede indicar que un símbolo (por ejemplo, una letra) está representando a un vector? Recordar que un vector es un ente matemático que sirve para representar un segmento de recta en el espacio que parte de un punto y se dirige hacia otro. Hay dos opciones: la primera consiste en dibujar una flecha arriba de la letra para indicar que es una magnitud vectorial ($\vec{F}$); otra forma, ampliamente utilizada en textos digitales o impresos, es utilizar el formato **negrita** para indicar que hablamos de vectores. Estos símbolos deben estar acompañados de un signo (+ o -) para indicar su sentido. Si la letra no tiene el signo - pero tampoco tiene el signo +, se interpreta (como en matemática) que la magnitud es positiva.

Es recomendable referir a una Fuerza, empleando una letra que indique la inicial del nombre y dos subíndices que indican qué cuerpo ejerce la fuerza y sobre qué **sistema de estudio** se ejerce (en ese orden): $\vec{F}_{ab}$ es "la fuerza ejercida por **a** sobre **b**" (por lo tanto, en los dibujos, se representará en el cuerpo **b**)

Esta simbología será de suma importancia al momento de identificar la pareja de interacción de cada fuerza aplicada sobre un sistema bajo estudio. Lo profundizaremos cuando abordemos la 3ª ley de Newton.

Representación de fuerzas

Se considera que Enrique está empujando una caja hacia el camión (Figura 3). Al momento de empezar a analizar la situación, es fundamental definir claramente el sistema en estudio. En este caso, como se va a analizar el movimiento de la caja, se considera que el sistema (u objeto) en estudio es la **caja**. Todo lo demás (Enrique, superficie de apoyo, planeta Tierra) constituye el medio exterior o entorno.



Fig. 3. Dirección del movimiento de la caja

Si se focaliza el análisis en la interacción caja–Enrique para caracterizarla, se debe tener en cuenta que al referir a la **interacción**, es importante dejar en claro **qué ejerce la fuerza** (Enrique, parte del medio externo) y **sobre qué** se ejerce (la caja, que es nuestro sistema de estudio).

La fuerza ejercida por Enrique ($\vec{F}_{EC}$ o $\vec{F}_{EC}$) tendrá el punto de aplicación en la caja, posee cierto módulo, se caracterizará por un sentido (hacia el camión) y estará ejercida sobre cierta recta de acción (dirección), que podemos suponer horizontal, paralela a la superficie (Figura 4).

Al ser la fuerza una magnitud vectorial, se la distingue usando una notación especial que consiste en dibujar una flechita arriba de la letra que la representa o usar negrita, como se mencionó antes. Cuando queremos referirnos sólo al módulo de la fuerza (es decir, al valor numérico sin signo) usaremos la siguiente notación: $|F_{EC}|$.



Fig.4. Fuerza realizada por Enrique al objeto de estudio: caja

Algunas preguntas que pueden ayudar para representar Fuerzas:

1. ¿Dónde ubicar el origen de la flecha en un dibujo? o ¿En qué parte del cuerpo está el punto de aplicación?

En este curso consideramos correcta la forma de representación que se observa en la Figura 5. Dado que se utiliza el concepto de “punto material” (según el cual el objeto de estudio es considerado como un punto con masa) se puede considerar que todas las fuerzas están aplicadas en un único punto del cuerpo. Este punto se puede hacer coincidir -bajo ciertas consideraciones- con el centro geométrico también llamado centro de masa.

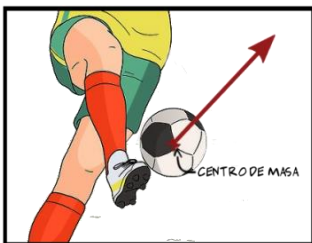
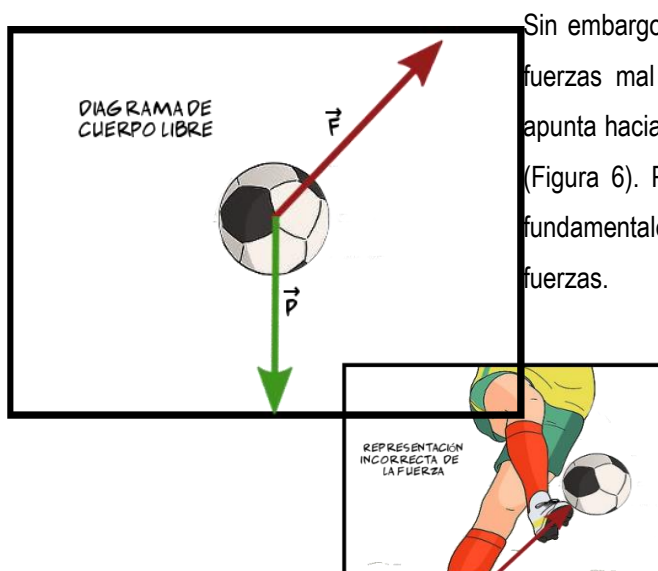


Fig. 5. Forma correcta de representar una fuerza



Sin embargo, es común encontrar en algunos textos a las fuerzas mal representadas, donde la punta de la flecha apunta hacia los cuerpos a los que se les ejerce una fuerza (Figura 6). Prestar atención a estos detalles, ya que son fundamentales para interpretar la representación de las fuerzas.

Fig.6. Forma incorrecta de representar la Fuerza que ejerce el jugador a la pelota

2. ¿Cómo se representan las fuerzas mediante el diagrama de cuerpo libre (DCL)?

Un diagrama de cuerpo libre es un boceto del sistema de estudio despojado de todos los objetos que lo rodean (medio externo) y mostrando todas las fuerzas externas que actúan sobre dicho sistema. En la Figura 7, se muestra el diagrama de cuerpo libre, que es un paso importante en la resolución de los problemas que vamos a abordar, puesto que ayuda a visualizar todas las fuerzas externas que actúan sobre el sistema de estudio.

En el caso de la pelota se observa la fuerza que le ejerce la Tierra, que se representa como $\vec{P}$ o $\vec{F}_{TP}$, y la fuerza que ejerce el botín, que se representa como $\vec{F}$

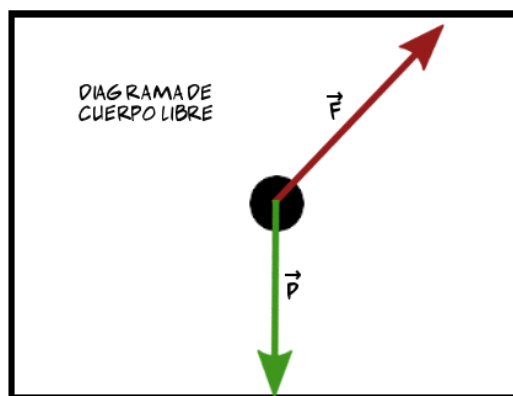


Fig.7. Diagramas de cuerpo libre.

En mecánica se utiliza el modelo de punto material, es por ello que se suele utilizar el diagrama de la derecha, en el cual todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo pueden representarse a partir de un punto. En este curso se utilizará el DCL modelizando el objeto de estudio como punto material. De esta manera, todos los aspectos irrelevantes no se dibujan, haciendo más simple el análisis.

3. ¿Qué indica la longitud del vector?

La longitud del vector muestra la intensidad de la fuerza. En caso de conocer las intensidades (valores numéricos) de las fuerzas intervinientes, se deben representar con longitudes diferentes, que guarden relación con las intensidades dadas. Es decir, las de mayor intensidad, se representan con vectores más largos. Resulta importante prestar atención a la dirección y al sentido de la flecha, y siempre nombrarlas.

4. ¿Cómo se identifican las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo?

Cuando se decide estudiar algún fenómeno debemos definir el conjunto de elementos a estudiar. Ese conjunto de elementos se denomina “**sistema de estudio**”. A los elementos que no forman parte del sistema se los denomina “**agentes externos**”, “**medio externo**” o “**ambiente**” (Figura 8).

Entonces, en primer lugar, es necesario identificar claramente al sistema de estudio y a los elementos que forman parte del medio externo. Se considera como medio externo a todos los cuerpos que están interactuando con el sistema de estudio (ya sea en contacto directo o a distancia).

Por ejemplo: Si se quieren estudiar todas las fuerzas que se ejercen sobre un **bloque** que está apoyado sobre el **piso**. Nuestro sistema de estudio será el bloque y el medio externo todo aquello que esté interaccionando con el bloque. Para este caso esos medios externos serán la superficie de apoyo y la Tierra.



Fig. 8. Identificación de sistema de estudio y agentes externos. Fuerzas que se ejercen sobre el bloque. F_{SB} (Fuerza que la superficie ejerce sobre el bloque) y F_{TB} (fuerza que la Tierra ejerce sobre el bloque)

5. ¿Qué significa realizar un análisis de interacciones?

En muchas de las actividades se propondrá “analizar las interacciones”. **Este análisis debe involucrar tanto el diagrama de fuerzas como la descripción en palabras de las fuerzas representadas.** En la descripción se debe incluir: qué agente ejerce la fuerza, sobre qué/quién, el punto de aplicación, la dirección y el sentido. Este procedimiento debe ser empleado en todas las actividades donde se analicen las fuerzas involucradas. Para la situación de la caja empujada por Ernesto (Figura 3), la fuerza $\vec{F}_{EC}$ tiene punto de aplicación en la caja, dirección horizontal y sentido hacia el camión.

Con frecuencia se advierten dificultades al momento de analizar las fuerzas. Se sugiere la construcción de una tabla como la que sigue (Tabla 1). La pregunta **qué (o quién)** ejerce la fuerza, es fundamental para determinar la interacción. Si no se encuentra respuesta a esa pregunta, posiblemente no sea una fuerza lo que se plantea. Además, es común confundir el sistema de estudio, es decir nombrar un sistema de estudio, y al analizar cada una de las interacciones, cambiarlo de forma no intencional. Hacer este cuadro ayuda a cometer menos errores. En la tabla 1, se brinda información sobre cada una de las interacciones.

Sistema de estudio <i>¿Sobre qué se ejerce la fuerza?</i>	Fuerza (interacción)	Medio externo/entorno <i>¿Qué ejerce la fuerza?</i>
Caja	$\vec{F}_{EC}$ o $\vec{F}_{EC}$	Enrique
	$\vec{P}_O$ o $\vec{F}_{TC}$	Tierra
	$\vec{N}$ o $\vec{F}_{SC}$	Superficie de apoyo

Tabla 1. Análisis de todas las interacciones sobre un objeto (caja de la figura 3)



En síntesis

Para resolver un problema en el que se pida un análisis de interacciones, se debe determinar cuál será el sistema de estudio y cuál es el medio externo. Luego, hacer una representación de las fuerzas que el medio externo/entorno ejerce sobre el sistema de estudio y caracterizar dichas fuerzas. La caracterización se debe discriminar qué ejerce la fuerza, que dirección y sentido tiene. Esta información se vuelca en una tabla (como la señalada en la Tabla 1). Para finalizar se debe redactar un párrafo que describa en palabras lo expresado en la Tabla 1.

Recuerden que, al representar los vectores, la longitud del vector determinará la intensidad o módulo de la fuerza, por lo que fuerzas de igual intensidad deben representarse con vectores del mismo módulo. Además, el origen del vector se debe dibujar sobre el cuerpo sobre el que actúa la fuerza, o sea en el sistema de estudio.

Primera Ley de Newton

Ahora que hicimos una presentación y dimos las principales definiciones sobre el movimiento de los cuerpos y cómo cambia dicho movimiento, tenemos que empezar a formalizar todo este contenido y profundizar algunas

cuestiones. Para esto será fundamental abordar las leyes de Newton, que le darán un poco de orden a todo lo que vimos hasta ahora. La idea es que las leyes sean herramientas que ayuden a clarificar un poco más las definiciones y fenómenos que mencionamos en las clases anteriores.

Comencemos analizando la primera ley, que seguramente ya la habrán escuchado. Hay varias formas de enunciarla y si bien todas nos dicen más o menos lo mismo, algunas nos dan más especificaciones que otras. Vayamos con la ley en cuestión:

“Cuando se ejerce una fuerza neta igual a cero sobre un cuerpo, dicho cuerpo mantendrá su estado de movimiento, ya sea en reposo o a velocidad constante”

Pero ***¿qué es la fuerza neta?*** La fuerza neta (FN) -también llamada fuerza resultante- es la suma vectorial de todas las fuerzas externas que se ejercen sobre un cuerpo que consideraremos nuestro sistema en estudio.

$$FN = \sum F_{\text{externas}}$$

Más adelante veremos cómo calcular la fuerza neta, pero por ahora sigamos analizando la primera ley de Newton. ***¿Qué nos dice esta ley?*** Aunque no parezca, nos está dando mucha -muchísima- información sobre el mundo físico. Así como la ven, esta ley sienta buena parte de las bases para toda la física que se desarrolló durante más de 200 años. Pasemos a hacer un análisis detenido de la misma. Lo bueno es que ya vimos buena parte de las consecuencias y definiciones de esta ley en los apartados anteriores.

La primera ley de Newton nos habla sobre la naturaleza del movimiento. Más específicamente señala que cuando la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es cero, este *tiende a conservar su estado de movimiento*. Esto es justamente de lo que se trata el principio de **inercia** de los cuerpos. De hecho, a la primera ley de Newton también se la conoce como **“ley de la inercia”**. Newton nos dice qué ocurre con el estado de movimiento de los cuerpos, sin importar las causas primeras de este.

Pero ***¿qué es “el estado de movimiento de un cuerpo”?*** Esta ley nos ayuda a definirlo. Lo hace mencionando dos casos posibles. En primer lugar, nos dice que un cuerpo que está en **reposo** seguirá en reposo. En segundo lugar, señala que un cuerpo que esté en movimiento se seguirá moviendo con **velocidad constante** (a menos que sobre él actúe una fuerza neta distinta de cero, pero dejemos esto para después) Pero ***¿cómo es el movimiento de un cuerpo a velocidad constante?*** Es un movimiento en línea recta y siempre con la misma rapidez. Recuerden que la velocidad es un vector. Si el vector se mantiene constante, siempre tendrá la misma dirección y sentido, lo que nos dará un movimiento en línea recta.

Condiciones en las que son válidas las leyes de Newton

Algo importante a tener en cuenta antes de seguir avanzando es que las leyes de Newton no son válidas en cualquier circunstancia. Debemos tener en cuenta que, para aplicar válidamente estas leyes, nuestro sistema de estudio debe moverse a velocidades mucho menores que la velocidad de la luz⁴ y el valor de las posiciones que ocupan dichos sistemas no deben ser del orden de las distancias atómicas. Además, el sistema en estudio debe poder modelizarse como un punto material y debemos estudiar su movimiento respecto de un marco de referencia inercial. Respecto a esto último, recuerden que para analizar el movimiento y las magnitudes asociadas a este necesitamos marcos de referencias. Pero sólo en los marcos de referencia inerciales las leyes de Newton funcionarán.

Sistema o marco de referencia inercial

La primera ley de Newton no nos permite distinguir si un sistema de estudio está en reposo, o se mueve en forma rectilínea con velocidad constante. Estos estados de movimiento dependerán del sistema o marco de referencia en el cual se observa el sistema de estudio.

Un sistema de referencia inercial es uno cuya velocidad no varía - es cero o se mantiene constante-. Además, cualquier sistema de referencia que se mueve a velocidad constante con respecto a un sistema de referencia inercial, también lo será.

Veamos un ejemplo: Nuestro sistema de referencia inercial más usual es la Tierra, y en este punto debemos tomar recaudos. La Tierra no está en reposo ni se mueve con velocidad constante; tiene una pequeña aceleración debida a su movimiento de rotación, y otra relacionada con su movimiento alrededor del Sol. Sin embargo, estas aceleraciones son tan pequeñas -aproximadamente una milésima parte del valor de la aceleración de la gravedad- que la podemos considerar un sistema de referencia inercial. Así mismo, un tren, avión, o cualquier vehículo que se mueva a velocidad constante, con respecto a la Tierra, puede ser considerado un sistema de referencia inercial.

Aplicación de la primera ley de Newton

Ahora trataremos de traducir la primera ley de Newton a una expresión matemática que nos permita comparar y describir las fuerzas involucradas.

Consideremos, como ejemplo, la siguiente situación: ***Una caja que se coloca en el piso y se la deja ahí.***

Para el análisis de esta situación, en primer lugar, debemos elegir un marco de referencia inercial a partir del cual analizaremos el estado de movimiento del cuerpo. Este puede ser, por ejemplo, un punto fijo en el suelo⁵.

⁴ Que son, aproximadamente, unos $3 \cdot 10^8$ m/s.

⁵ Ya que estaría en reposo respecto a la tierra, que es un marco de referencia que consideraremos inercial.

Además, debemos definir nuestro sistema de coordenadas cartesianas y los supuestos necesarios para que sean válidas las leyes de Newton (Figura 9).

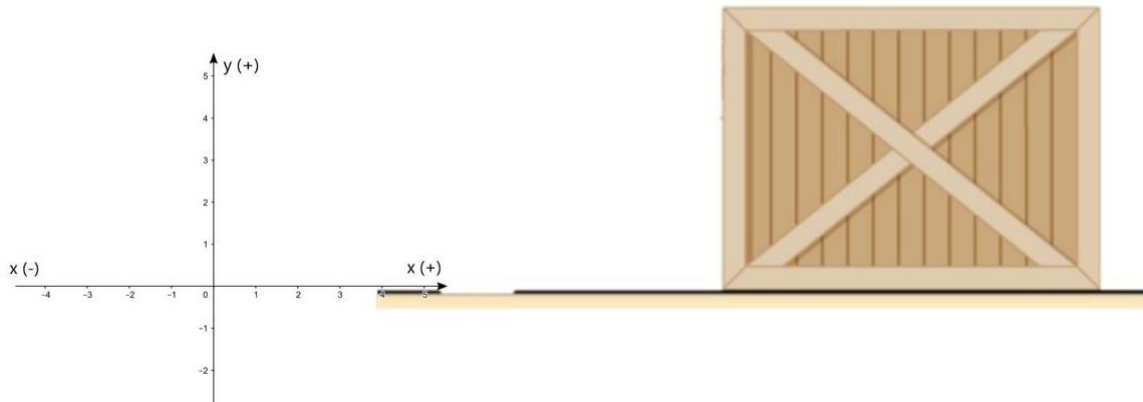


Fig.9. Representación gráfica de una caja apoyada en el suelo junto con su sistema de coordenadas cartesiano

Para realizar un diagrama de cuerpo libre de la caja y un cuadro de interacciones de la misma, primero deberemos hacernos la siguiente pregunta: **¿Cuáles son las fuerzas que actúan sobre la caja?** Como todo objeto apoyado en una superficie, las fuerzas sobre la caja serán en principio dos: la fuerza gravitatoria o **fuerza peso (P)**, ejercida por la tierra, que será *paralela al eje Y y tendrá sentido negativo*; y la **fuerza normal (N)**, ejercida por el suelo, *con dirección paralela al eje Y y sentido positivo*. Como no hay nada empujando o ejerciendo alguna otra fuerza sobre la caja en dirección horizontal, podemos estar seguros que serán las únicas dos fuerzas sobre esta. Sabiendo esto, podremos realizar el diagrama de cuerpo libre de la caja: (Figura 10)

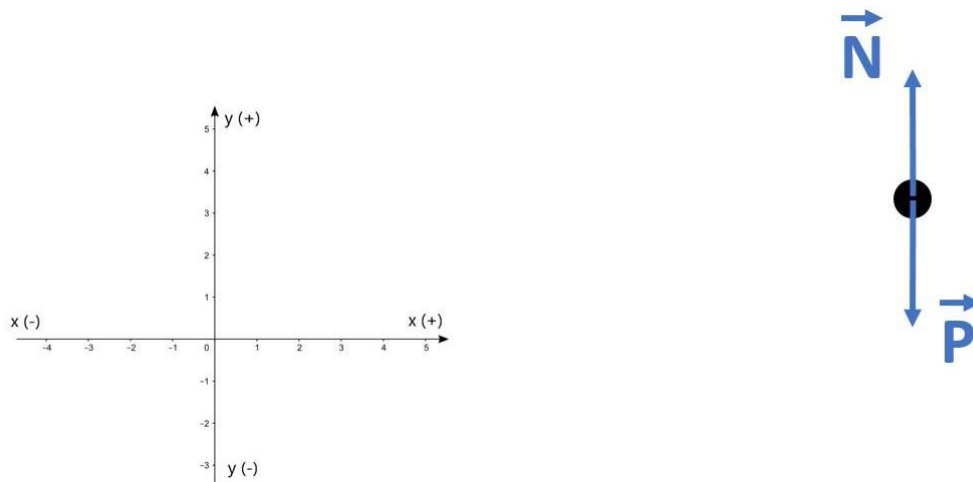


Fig.10: Diagrama de cuerpo libre (DCL)

Presten atención en la intensidad de los vectores: ambos tienen el mismo tamaño. ¿Por qué?

Si analizamos el movimiento del cuerpo respecto del marco de referencia vemos que este no cambia de posición en función del tiempo ya sea en dirección vertical como horizontal. Dicho de otro modo, podemos decir que según el sistema de referencia elegido la caja “se encuentra en reposo” (velocidad inicial = 0). Recordemos que nos dice la Primera Ley de Newton: cuando se ejerce una fuerza neta igual a cero sobre un cuerpo, dicho cuerpo se mantendrá en reposo o en movimiento a velocidad constante.

La Fuerza Neta se calcula como la suma vectorial de todas las fuerzas externas que actúan sobre el sistema de estudio.

Como vimos anteriormente un vector tiene un sentido, y ese sentido estará determinado por el sistema de coordenadas que elijamos al momento de resolver un ejercicio. Como se ve a la izquierda de la Figura 10 hay determinado un sistema de coordenadas - indica sentidos positivos arriba y derecha, y sentidos negativos abajo e izquierda-.

El sistema de coordenadas debe ser establecido antes de resolver los ejercicios, ya que nos determinará el sentido de las fuerzas que actúan sobre el sistema de estudio.

En este caso, como se ve a la derecha de la Figura 10, tendremos sobre el eje y, la Normal (**N**) con sentido positivo (se le atribuye un signo +), y el Peso (**P**) con signo negativo (se le atribuye un signo -).

Y dado que las únicas 2 fuerzas externas presentes, ya que no existen fuerzas que se ejerzan horizontalmente, o sea en el eje x, podemos aplicar primera ley de Newton a esta situación, y obtendremos:

$$\sum F \text{ externas} = 0$$

$$\mathbf{N} + \mathbf{P} = 0$$

$$|\mathbf{N}| + (-|\mathbf{P}|) = 0$$

$$|\mathbf{N}| - |\mathbf{P}| = 0 \rightarrow |\mathbf{N}| = |\mathbf{P}| \quad ^6$$

A partir de la aplicación de la primera ley de Newton podemos deducir que para que un cuerpo mantenga su estado de movimiento en reposo, la sumatoria de sus fuerzas externas debe ser igual a 0. Para que esto ocurra las fuerzas externas peso (**P**) y la Normal (**N**) deben cancelarse. En tal sentido, deben tener la misma intensidad (**N = P**) y dirección, pero distinto sentido. Por eso, desde el punto de vista gráfico, sus vectores deberán graficarse del mismo tamaño (misma longitud).

⁶ Observen que empezamos expresando la ecuación con vectores (expresados en negrita: **P** y **N**), para luego traducirlos a módulos ($|\mathbf{P}|$ y $|\mathbf{N}|$). El motivo de esto es que nos permite utilizar los signos (+ y -) a los que asociaríamos cada valor. Así, el módulo de **P** va acompañado de un signo negativo y el valor de **N** por un signo positivo, expresiones más intuitivas que asociamos rápidamente al sentido que tienen los vectores en el diagrama de cuerpo libre.

Consideremos ahora el siguiente ejemplo: **Una caja luego de ser empujada sobre una superficie horizontal lisa**. Siguiendo la lógica anterior, primero definiremos nuestro sistema de referencia (que, recuerden, deberá ser inercial), el sistema de coordenadas y los supuestos necesarios para poder realizar el análisis de las interacciones. En este caso particular, debemos considerar **-y esto es un supuesto que siempre tendremos que aclarar-** que despreciamos la fuerza de roce entre la caja y la superficie. (Figura 11)

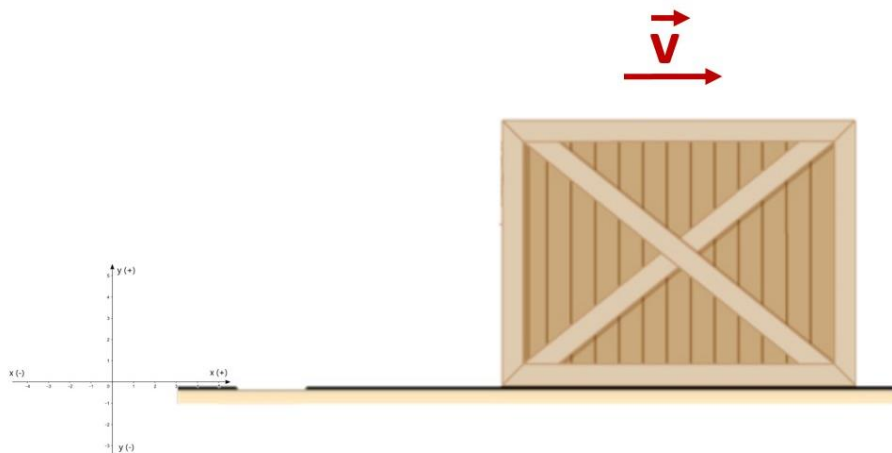


Fig.11. Representación gráfica de una caja apoyada en el suelo junto que se mueve a velocidad constante junto a su sistema de coordenadas cartesiano.

Habrás notado que en el enunciado de esta situación la palabra “**luego**” está subrayada. **¿Se te ocurre por qué?** En este caso, las únicas fuerzas aplicadas sobre la caja son la fuerza peso (**P**) y normal (**N**), ya que no hay fuerza de rozamiento y ya no hay nadie empujando la caja (estamos suponiendo en un momento posterior a que se haya empujado la caja y la persona que lo hizo ya la soltó) (Figura 12).

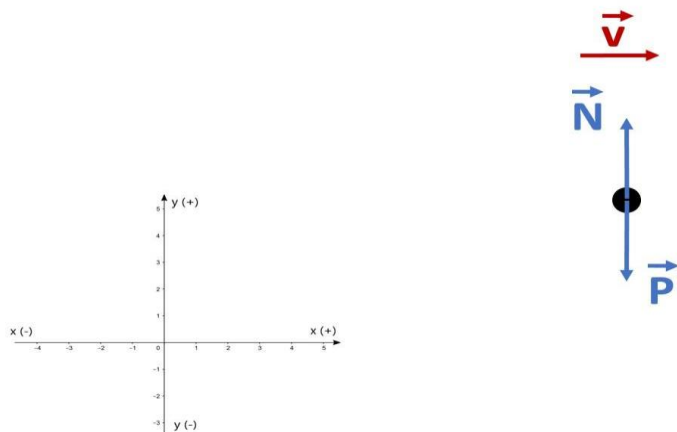


Fig. 12. Diagrama de cuerpo libre (DCL)

Lo que cambia con el ejemplo anterior, es que nuestro sistema en estudio no está en reposo, sino en movimiento a velocidad constante (tal como se indica con $\mathbf{V} \neq \mathbf{0}$ *constante*). dijimos que un cuerpo se mueve a velocidad constante cuando la velocidad no varía en función del tiempo.

Nuevamente, si aplicamos la primera ley de Newton a esta situación, tenemos que:

$$\sum F \text{ externas} = 0$$

$$\mathbf{N} + \mathbf{P} = 0$$

$$|\mathbf{N}| - |\mathbf{P}| = 0$$

$$|\mathbf{N}| = |\mathbf{P}|$$

A partir de la aplicación de la primera ley de Newton podemos deducir que para que un cuerpo mantenga su estado de movimiento a velocidad constante, nuevamente, la sumatoria de sus fuerzas externas debe ser igual a 0. Para que esto ocurra las fuerzas externas que actúan sobre el sistema en estudio, en este caso, la fuerza peso ($\mathbf{P}$) y la fuerza Normal ($\mathbf{N}$) - deben cancelarse. Otra vez, deben tener la misma intensidad ($|\mathbf{N}| = |\mathbf{P}|$) y dirección, pero distinto sentido. Por eso, desde el punto de vista gráfico, sus vectores deberán graficarse del mismo tamaño (misma longitud).

¿Qué pasa si las fuerzas no se anulan y su sumatoria da una fuerza neta distinta de 0? Para analizar este otro tipo de casos, necesitaremos abordar la segunda ley de Newton.

Segunda ley de Newton

A partir de la primera ley, podemos explicar qué ocurre en los casos en que la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es cero. Con la segunda ley de Newton, intentaremos explicar el resto de las situaciones donde tenemos una fuerza neta distinta de cero aplicada sobre el sistema en estudio.

Cuando sobre un sistema de estudio se ejerce una fuerza resultante no nula, la velocidad del sistema va a cambiar.

Podemos advertir que en esta situación el cuerpo no estará en reposo ni moviéndose a velocidad constante. Por el contrario, el cuerpo estará cambiando su estado de movimiento, o sea, su velocidad variará en función del tiempo.

Matemáticamente puede expresarse como:

$$\sum F \text{ externas} \neq 0$$

Una fuerza neta distinta de 0 provoca un cambio en el estado de movimiento del cuerpo, es decir una **aceleración**. Diremos entonces que, en esta situación, el cuerpo está acelerado.

Aceleración

Físicamente diremos que la **aceleración** es una magnitud vectorial que nos informa acerca del cambio del vector velocidad, en un intervalo de tiempo. La podemos definir matemáticamente como:

$$\text{aceleración media} = \frac{\text{variación de velocidad}}{\text{tiempo}}$$

Siempre que haya un cambio de velocidad, existirá una aceleración. Como dijimos anteriormente, como trabajaremos con movimientos rectilíneos ese cambio de velocidad solo corresponderá al cambio del módulo del vector (es decir, en la rapidez). Es por ello que la velocidad podrá aumentar o disminuir, pero no consideraremos el cambio de dirección del vector velocidad. Además, como se trata de una magnitud vectorial, su signo dependerá del SC elegido.

La unidad de aceleración, según el SI, es el m/s^2 . Es importante no confundir la unidad de velocidad con la de aceleración. La unidad de velocidad - que es el m/s - indica como varía la posición (que se mide en m), cada segundo. En cambio, la unidad de aceleración indica como varía la velocidad (que se mide en m/s), cada segundo. Por ejemplo, un objeto que posee una aceleración constante de 10 m/s^2 aumentará su velocidad 10 m/s por cada segundo que pase.

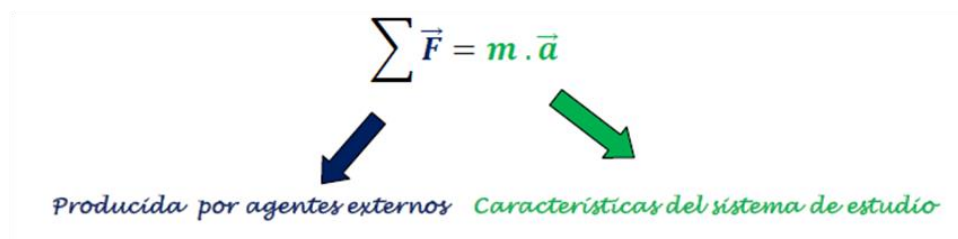
Normalmente se asocia la aceleración con un incremento del módulo -valor numérico- de la velocidad. La primera idea que nos viene de algo acelerando probablemente sea un auto, dado que este tiene un acelerador. ¡Pero ojo! Que, si la aceleración de un objeto posee signo contrario a la velocidad del mismo, la intensidad de la velocidad disminuirá a lo largo del tiempo, y *aun así podremos decir que el objeto está acelerando*. En física, decir que un objeto está acelerando significa que varía su velocidad a lo largo del tiempo. Si su velocidad a lo largo del tiempo se mantiene constante, su aceleración será 0.

Vayamos a un ejemplo concreto. Supongamos que observamos un auto que lleva una velocidad constante de 15 m/s . Esto querrá decir que en cualquier instante que midamos su velocidad, esta será de 15 m/s . Es decir, que su aceleración será nula. Ahora, supongamos que el conductor aprieta el acelerador y el auto aumenta comienza a aumentar su velocidad hasta llegar a los 30 m/s . En el intervalo de tiempo donde el auto pasa de moverse de 15 m/s a 30 m/s , podemos decir que el auto tiene una aceleración distinta de 0 y, además, que dicha aceleración será positiva (del mismo signo que la velocidad, ya que esta aumenta). Ahora, con el auto a 30 m/s , supongamos que el conductor aprieta los frenos para volver a la velocidad original, de 15 m/s . En este otro intervalo, donde se pasó de 30 m/s a 15 m/s , *el auto también tuvo una aceleración, pero en este caso negativa*, de signo contrario a la velocidad que llevaba, ya que está disminuyó su intensidad. Así, en física no es correcto hablar de desaceleración para describir una disminución de la velocidad. Siempre que haya una

variación de la velocidad habrá una aceleración.

Además, teniendo en cuenta todo lo anterior, podemos decir que la **segunda ley de Newton** da cuenta que la fuerza neta distinta de cero que se ejerce sobre un sistema de estudio de masa “m”, es la causa por la cual ese sistema -que podemos modelizar como punto material- cambia su estado de movimiento, es decir, adquiere aceleración. Esta aceleración tendrá igual dirección y sentido que la fuerza neta y será inversamente proporcional a la masa.

Matemáticamente podemos expresarlo como:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$


Producida por agentes externos *Características del sistema de estudio*

Esta expresión matemática nos permite caracterizar el movimiento:

En primer lugar, nos dice que tanto la fuerza neta como la aceleración -ambas magnitudes vectoriales-, tendrán igual dirección y sentido. Esto es bastante intuitivo: si pateamos una pelota (es decir, ejercemos una fuerza sobre esta) hacia el arco, vamos a esperar que esta adquiera una aceleración en esa misma dirección y sentido y no hacia otro lado.

En segundo lugar, nos habla de cómo se relaciona la aceleración de un cuerpo con la **masa** del mismo. Es por esto que a la segunda ley de Newton suele llamarse **principio de masa**. Más específicamente, la segunda ley nos dice que, frente a una misma fuerza neta, la aceleración de un cuerpo será inversamente proporcional a su masa. Es decir, que cuanto más masivo sea un cuerpo, la misma fuerza neta generará una menor aceleración. Imaginen que empujamos una silla para moverla. Luego, imaginen que empujamos esa misma silla, con la misma fuerza, pero con una pila de libros arriba. Suponiendo que logramos mover la silla, la aceleración que adquiere será menor que en el primer intento, debido justamente a la diferencia de masa entre un sistema y el otro.

En tercer lugar, podríamos decir que esta expresión relaciona matemáticamente las tres magnitudes que recién mencionamos: fuerza neta (F), masa (m) y aceleración ($\vec{a}$). Más precisamente, nos dice que el módulo de la fuerza neta puede calcularse multiplicando los módulos de la masa y la aceleración⁷.

⁷ Observen que si la fuerza neta es 0, la aceleración también será 0 (ya que la masa no varía, porque es una propiedad intrínseca del cuerpo).

También nos permite deducir la unidad en que se mide la magnitud Fuerza. Si tomamos el Sistema Internacional de medidas, la unidad de masa (m) es kg y la unidad de aceleración (a) es $\frac{m}{s^2}$. Entonces, la unidad resultante es el producto de la unidad de masa y de la unidad de aceleración, o sea $kg \cdot \frac{m}{s^2}$. Oralmente, se expresa como “kilogramo por metro sobre segundo al cuadrado”. Para homenajear al querido Isaac Newton, a esa unidad de fuerza también se la llama Newton, que se representa simbólicamente como **N**.

Aplicación de la segunda ley de Newton

Veamos un ejemplo concreto para poder utilizar esta ley. **Imaginemos una persona que empuja una caja sobre el suelo, aplicando una fuerza constante que provoca que la velocidad de la caja aumente.** (Figura 13)



Fig.13. Representación gráfica de la situación

Consideremos que la fuerza de roce entre la caja y el suelo NO es despreciable. Cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie, la superficie suele ejercer sobre aquél una fuerza de rozamiento con la misma dirección, pero con sentido contrario al movimiento. En este caso, la fuerza de roce se opone al movimiento. Para representarla, se la suele escribir como $\vec{F}_r$. En casos como este, que tengamos que considerar la fuerza de rozamiento, deberemos representarla y tenerla en cuenta para nuestro análisis, como cualquier otra fuerza. Con esta información en mente, podemos realizar el siguiente diagrama de cuerpo libre, representando todas las fuerzas aplicadas sobre la caja, como se observa en la Figura 14.

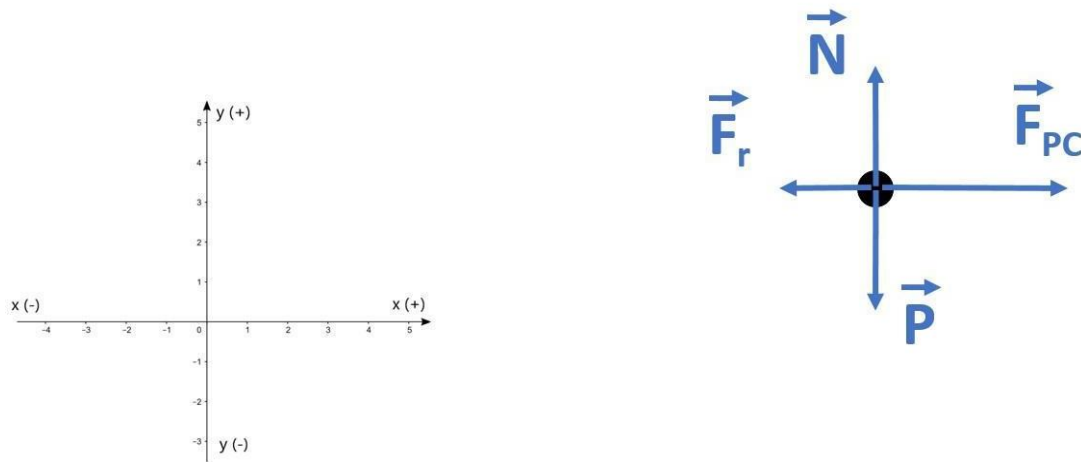


Fig. 14. DCL de la situación planteada.

En la figura se señalan todas las fuerzas externas aplicadas. Pero **¿cuál es la fuerza neta sobre nuestro sistema en estudio?**

Para calcularla, deberíamos sumar todos los vectores de las fuerzas aplicadas. Dado que el enunciado indica que la velocidad va aumentando. Aquí la fuerza neta no puede ser igual a 0 ya que, de ser así, gracias a la 1° ley de Newton podríamos afirmar que el cuerpo estaría en reposo o moviéndose a velocidad constante. Entonces, sabremos que:

$$\sum F_{\text{externas}} \neq 0$$

En este ejemplo en particular debemos considerar que tenemos fuerzas externas actuando tanto en el eje y como en el eje x. Afortunadamente, **podemos sumar y trabajar con las fuerzas de cada eje de manera independiente**. En el eje y, la suma de los vectores N y P da como resultado 0, ya que ambos poseen igual magnitud y dirección, pero distinto sentido. Podemos asegurar esto último a partir de la primera ley de Newton, al advertir que la caja no varía su velocidad a lo largo del eje vertical.

$$\sum F_{y \text{ externas}} = 0$$

$$\mathbf{N} + \mathbf{P} = 0$$

$$|\mathbf{N}| - |\mathbf{P}| = 0$$

$$|\mathbf{N}| = |\mathbf{P}|$$



Para leer

La Fuerza peso *

Como hemos visto, en física, peso y masa no deben ser utilizados indistintamente como hacemos en el lenguaje cotidiano. El **Peso (o fuerza peso)** es la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre un cuerpo por acción de la gravedad y, aunque no es lo mismo que la masa, está relacionado con ella.

Si dejamos caer un objeto cerca de la superficie terrestre, el objeto acelera hacia la Tierra. Si podemos despreciar la resistencia del aire, todos los objetos poseen la misma aceleración, llamada aceleración de la gravedad (simbolizada como g) en cualquier punto del espacio. La fuerza que causa esta aceleración es la fuerza de la gravedad sobre el objeto, llamada peso del mismo, y simbolizada como **P**. Si el peso es la única fuerza que actúa sobre un objeto, se dice que éste se encuentra en **caída libre**. Si su masa es m , la segunda ley de Newton define el peso del cuerpo de la siguiente forma:

$$P = m \cdot g$$

Como g -repetimos- es idéntico para todos los cuerpos, llegamos a la conclusión de que el peso de un cuerpo es proporcional a su masa. El vector g también se lo denomina **vector campo gravitatorio** terrestre y puede interpretarse como la fuerza por unidad de masa ejercida por la Tierra sobre cualquier objeto. Es igual a la aceleración en caída libre experimentada por un objeto. Cerca de la superficie terrestre g tiene el valor

$$g = 9,81 \text{ N/kg} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

*Adaptado de Tipler P 2003) Física Preuniversitaria. Ed. Reverté, España.

En cambio, en la dirección del eje x , el vector F_{p-c} no posee igual magnitud que F_r . Esto podemos asegurarlo, ya que la caja -como describimos al principio- aumenta su velocidad por lo cual decimos que la caja posee una aceleración distinta de cero. Así, obtendremos un vector de fuerza neta con igual dirección y sentido que la fuerza más grande en el eje X , pero de menor intensidad, ya que hay que restarle la fuerza con sentido contrario (F_r) (Ver Figura 15) Ahora podemos expresar matemáticamente la segunda ley de Newton. Diremos entonces que cuando la fuerza neta es distinta de cero, ésta es igual a la masa del sistema en estudio por la aceleración que éste adquiere.

$$\sum F_x \text{ externas} \neq 0 = m \cdot a$$

$$F_{p-c} + F_r = m \cdot a$$

$$|F_{p-c}| - |F_r| = m \cdot a$$

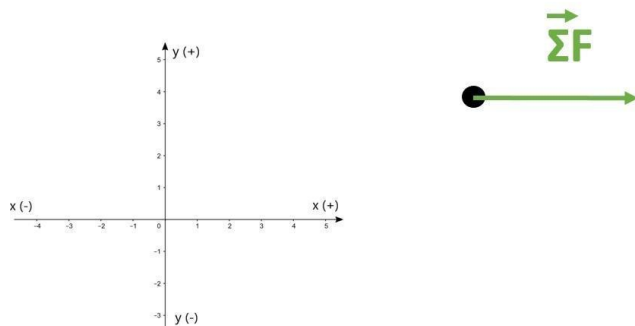


Fig.15. Dirección y sentido de la fuerza neta o fuerza resultante acorde al ejemplo dado en el texto.

Además, podremos decir que la aceleración de la caja tendrá la misma dirección y sentido que la fuerza neta aplicada, como se observa en la Figura 16.

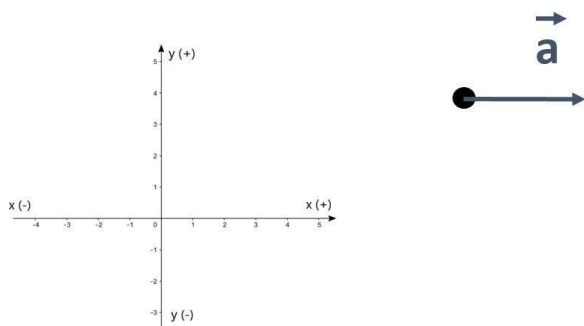


Fig. 16. Dirección y sentido de la aceleración en acorde al ejemplo dado en el texto.

En esta situación ¿qué ocurrirá con la velocidad de la caja?

Mientras dure la aplicación de la fuerza que ejerce el hombre, la caja, por efecto de la fuerza neta, irá aumentando su velocidad a lo largo del tiempo. Si la persona empujara con más fuerza a la caja, la segunda ley también nos permite decir que la aceleración sería aún mayor.



En síntesis

En las actividades planteadas como aplicación de la primera y segunda ley de Newton, hemos discutido y analizado tres estados distintos de movimiento: reposo, movimientos con velocidad constante y movimientos en los que la velocidad varía. Y esta discusión fue hecha a partir del análisis de las fuerzas ejercidas sobre cada sistema de estudio.

Un sistema de estudio puede considerarse en **reposo** si: $\Sigma F=0$ y $v=0$; y puede considerarse moviéndose con **velocidad constante** si $\Sigma F=0$ y $v \neq 0$. Estas condiciones derivan de la Primera Ley de Newton. Es decir, la **Primera Ley de Newton** habla sobre dos estados de movimiento: **reposo y velocidad constante**.

En los casos en que $\Sigma F \neq 0$ tendremos un estado de movimiento en los cuales la velocidad varía ($v \neq 0$, **no constante**). Ese cambio de velocidad a través del tiempo puede cuantificarse mediante una magnitud llamada **aceleración**.

La aceleración es una magnitud vectorial y tiene las mismas características vectoriales que la fuerza neta (misma dirección, mismo sentido). La **Segunda Ley** puede interpretarse diciendo que **si sobre un cuerpo de masa (m), actúa una fuerza neta distinta de cero ($\Sigma F \neq 0$), entonces la velocidad va a cambiar**. Ese cambio dependerá de la masa del cuerpo y de la Fuerza neta.

Si el sentido de la **Fuerza neta** y el **desplazamiento** es el mismo, la **velocidad va a aumentar**, y si son de **sentido contrario**, la **velocidad va a disminuir**. Vale aclarar que en todos los problemas que resolveremos las fuerzas serán constantes a lo largo del tiempo; esto hará que las aceleraciones también sean constantes. Lo que varía es la velocidad.

Tercera ley de Newton

Como se mencionó antes, las fuerzas son producto de la interacción entre dos cuerpos. Así, siempre que nombramos y analizamos una fuerza -ya sea en un diagrama de cuerpo libre o un cuadro de interacción- buscamos identificar ambos cuerpos: el cuerpo que ejerce la fuerza y el cuerpo al cual le es ejercida dicha fuerza, que será en definitiva nuestro sistema de estudio. Si entendieron todo lo mencionado en lo que va del párrafo vienen muy bien. Sin embargo, es probable que dicha manera de abordar el análisis de las fuerzas haya contrabandeado, sin intención, una concepción algo problemática a la hora de analizar las fuerzas. Una concepción que les otorga una perspectiva errónea del modo en que la Física entiende el universo: la idea de

que, en una interacción entre dos cuerpos, dicha relación es asimétrica. En otras palabras, la idea de que uno -y *solo uno*- de los cuerpos es quien ejerce una fuerza, mientras que el otro solamente se limita a sufrir su efecto (efecto descrito, dicho sea de paso, de manera magistral en la segunda ley de Newton). Pero esto no es lo que dice Newton, ni es lo que la Física entiende por una interacción. Y para clarificar esto tenemos la tan mentada tercera ley de Newton:

“Si dos objetos interactúan, la fuerza $F_{1,2}$ que ejerce el objeto 1 sobre el objeto 2 es igual en magnitud y opuesta en sentido a la fuerza $F_{2,1}$ que ejerce el objeto 2 sobre el objeto 1:

$$F_{1,2} = - F_{2,1}$$

Dicho en otras palabras, en Física *toda interacción entre dos cuerpos es entendida de manera simétrica*. Es decir, que *siempre* que dos cuerpos interactúan, no es que simplemente uno ejerce fuerza sobre otro, sino que *ambos* están ejerciendo fuerza de manera recíproca. Este par de fuerzas, cada una ejercida por un cuerpo distinto, es llamado “pareja de interacción”. En muchos lugares lo encontrarán también como “pareja de acción y reacción”, pero este nombre carga -implícitamente- la concepción errónea que estamos intentando desterrar: que existe una asimetría en la interacción; que un cuerpo acciona primero, mientras que otro, luego, reacciona en respuesta. Por eso consideramos más adecuado el nombre “pareja de interacción”, ya que no transmite esta idea y es más acorde a la simultaneidad de las fuerzas: cuando ocurre una interacción entre dos cuerpos, ambas fuerzas involucradas se ejercen en el mismo instante.

La simetría no termina acá, sino que la ley también señala que las fuerzas que ejercen ambos cuerpos *siempre* poseen la misma intensidad. Esto muchas veces es difícil de asimilar, ya que tendemos a asociar -erróneamente- la intensidad de una fuerza con la masa del cuerpo que la ejerce. Apliquemos todas estas ideas a una situación concreta.

Aplicación de la tercera ley de Newton

Imaginemos a dos personas con patines, A y B, están inicialmente en reposo sobre una pista de hielo, donde podemos considerar que la fuerza de roce es despreciable (Figura 17). En determinado momento el *patinador* B empuja a la *patinadora* A con una fuerza de 40 N de intensidad, ejercida en dirección horizontal. La masa del *patinador* B es de 80 kg y la de la *patinadora* A es de 40 kg. ¿Qué fuerzas actúan sobre A y cuáles sobre B? ¿Qué ocurrirá luego del empujón? ¿Se moverá sólo la patinadora A, sólo B, ¿o ambos? ¿Qué aceleración habrán adquirido a causa del empujón? ¿La misma en ambos casos?



PATINADORA A PATINADOR B

Fig.17. Representación de la situación planteada en el texto.

Para responder estas preguntas es conveniente comenzar definiendo cuál (o cuáles) será nuestro sistema en estudio. Dado que las preguntas involucran tanto a la patinadora A como al B, sería conveniente -en principio- definir dos sistemas de estudio separados: A y B. Podremos modelizar a ambos como puntos materiales distintos. Además, también se debe establecer un sistema de referencia inercial y un Sistema de Coordenadas Cartesianas. El primero será un punto ubicado en el suelo, sobre el cual estará ubicado el origen de nuestro sistema de coordenadas. Finalmente, consideraremos como supuesto que -dado que están sobre una superficie de hielo- la fuerza de roce del suelo es despreciable.

Una vez definido los supuestos anteriores, comenzaremos a responder las preguntas en torno a la patinadora A, identificando las fuerzas que actúan sobre nuestro primer sistema de estudio (Figura 18)

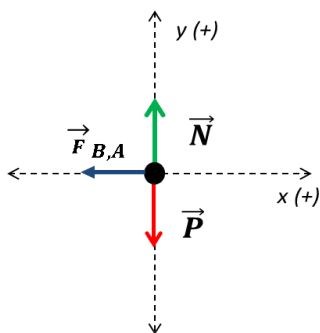


Fig. 18. DCL tomando como punto material a la patinadora A.

También podremos expresar esto mismo a través de un cuadro de interacciones, como se muestra en la tabla 2.

Sistema de estudio <i>¿Sobre qué se ejerce la fuerza?</i>	Fuerza (interacción)	Medio externo/entorno <i>¿Qué ejerce la fuerza?</i>
PATINADORA A	$\vec{F}_{T-A}$ o $\vec{P}$	TIERRA
	$\vec{F}_{S-A}$ o $\vec{N}$	SUPERFICIE/ PISTA HIELO
	$\vec{F}_{B-A}$	PATINADOR B

Tabla 2 Cuadro de interacciones tomando como sistema de estudio al Patinadora A

Con todas las fuerzas identificadas sobre la patinadora A, y conociendo que el cuerpo de estudio parte del reposo, podremos saber cómo se moverá luego de ser empujada. Para eso, podremos echar mano de la fórmula derivada de la segunda ley de Newton y averiguar la aceleración que adquirirá:

$$\Sigma F_x = -40 \text{ N} = 40 \text{ kg} \cdot a$$

$$a = -1 \text{ m/s}^2$$

Presten atención a dos cosas importantes: en primer lugar, sólo se consideró la sumatoria de fuerzas sobre el eje x, dado que en el eje y -al menos para este caso particular- las fuerzas P y N se anulan; por otro lado, observen que la fuerza neta sobre el eje x es un valor negativo, lo cual es coherente con el sistema de coordenadas definido. Esto último también será coherente con el resultado negativo obtenido para la aceleración de A. Es decir, que la patinadora A obtendrá una aceleración, hacia la izquierda, de 1 m/s^2 .

Hasta ahora, pudimos obtener la respuesta con las primeras dos leyes de Newton en relación al patinador A. Es para responder el resto de las preguntas, que necesitaremos hacer uso de la tercera ley, ya que involucran describir qué ocurre con el patinador B, para el que -en principio- no tenemos datos sobre las fuerzas que se le aplican. Sabemos que -como todo cuerpo sobre la tierra- la tierra ejerce una fuerza P sobre B. También sabemos que, dado que está apoyado en una superficie, esta ejerce una fuerza N sobre él. ¿Son estas todas las fuerzas que hay presentes o nos falta reconocer alguna? La tercera ley de Newton nos advierte que debe existir una tercera fuerza sobre B. Dado que B aplica una fuerza sobre A, entonces -tercera ley mediante- A también debe estar aplicando una fuerza sobre B. Esta fuerza tendrá igual dirección e intensidad

que F_{BA} , pero sentido contrario. De esta manera, podremos representar todas las fuerzas sobre el patinador B, como se muestra en la Figura 19 que tiene a B como sistema en estudio:

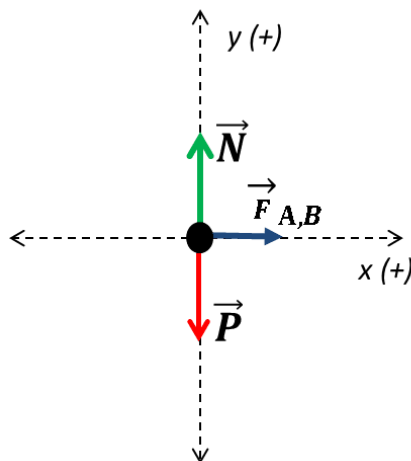


Fig. 19. DCL tomando como cuerpo de estudio al patinador B

También, como en el caso anterior, podremos representar estas fuerzas en un cuadro de interacciones (Tabla 3)

Sistema de estudio <i>¿Sobre qué se ejerce la fuerza?</i>	Fuerza (interacción)	Medio externo/entorno <i>¿Qué ejerce la fuerza?</i>
PATINADOR B	$\overrightarrow{F_{T-B}}$ o $\vec{P}$	TIERRA
	$\overrightarrow{F_{S-B}}$ o $\vec{N}$	SUPERFICIE/ PISTA HIELO
	$\overrightarrow{F_{A-B}}$	PATINADORA A

Tabla 3. Cuadro de interacciones tomando como sistema de estudio al Patinador B

¿Qué ocurrirá con B al realizar el empujón? ¿Cuál será su aceleración? ¿Será igual que la de la patinadora A? Para responder la primera pregunta, basta con observar el diagrama de cuerpo libre y saber que el patinador B también parte del reposo, por lo que sabremos que comenzará a moverse hacia la derecha. Para averiguar su aceleración, deberemos plantear nuevamente la sumatoria de fuerzas sobre el eje x, pero esta vez para el cuerpo B:

$$\Sigma F_x = 40 \text{ N} = 80 \text{ kg} \cdot a$$

$$a = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Observen que la aceleración no será la misma que para la patinadora A. En primer lugar, el signo será contrario, lo cual se explica por el sentido, también contrario de F_{A-B} , pareja de interacción de F_{B-A} . En segundo lugar, su magnitud tampoco será la misma, sino que B adquirirá una aceleración que es la mitad de la de la patinadora A. ¿Por qué?. No es porque se le haya aplicado una fuerza de menor intensidad, ya que en ambos casos la misma fue de 40 N (recuerden que sabemos esto gracias a la tercera ley). El motivo está en la masa de cada cuerpo. Ante la misma fuerza, la segunda ley de Newton nos dice que la aceleración de un cuerpo será menor cuanto más grande sea la masa de dicho cuerpo. En otras palabras, el patinador B adquirió una aceleración que es la mitad de la que tiene la patinadora A porque su masa es el doble (80 kg frente a 40 kg).

Representación gráfica de las parejas de interacción

En la Figura 20 se representa la F_{JP} (fuerza que el jugador ejerce sobre la pelota). ¿Cuál es la pareja de interacción de esta fuerza? ¿Dónde se ejerce?

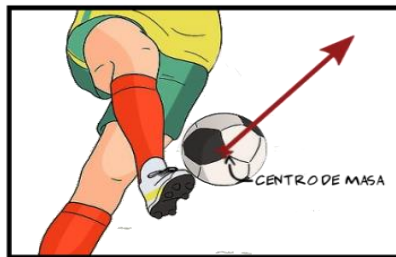


Fig. 20. Representación de la fuerza ejercida por el jugador sobre la pelota

La pareja de interacción de la F_{JP} , es la fuerza que la pelota ejerce sobre el jugador F_{PJ} , y está aplicada en el botín del jugador (Figura 21)

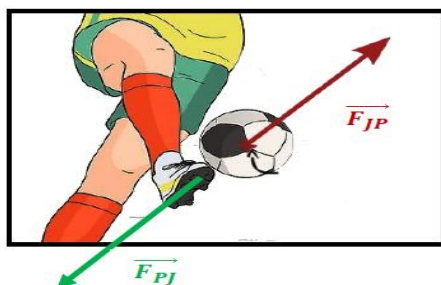


Fig. 21. Representación de fuerzas de interacción entre la pelota y el botín

Las parejas de interacción, tienen el mismo módulo, la misma dirección y sentido contrario. Además, están aplicadas en distintos cuerpos (pelota y botín)

Bibliografía Bloque Física

Quiroz R, Peña A, Zanatta C. (2008). "Capítulo 2: Cinemática" en Física I. Manual Santillana. Santillana del Pacífico SA de Ediciones. Santiago de Chile. Chile.

Tipler, P. (2003) "Capítulo 4: Las leyes de Newton y Capítulo 5: Aplicaciones de las leyes de Newton en Física Preuniversitaria. Ed. Reverté, España.

Young, H D, Freedman, R A. (2009). "Capítulo 2: Movimiento en línea recta" en *Sears-Semansky Física Universitaria*. Ed. Addison Wesley Iberoamericana, U.S.A.

Serway, R.; Jewett J. (S/F) "Capítulo 2 Movimientos en una dimensión" y "Capítulo 5: Leyes del movimiento" en *Física para ciencias e ingeniería*. Tomo I. Ed. Thomson, México.

Iparragurre, L. (2009). "Capítulo 2 Posición, movimientos y vectores" en *Mecánica básica. Fuerza y movimiento*. Colección las Ciencias Naturales y la Matemática. Ministerio de Educación de la Nación, Argentina.

Anexo I: Actividades Generales Física

Actividades Unidad 4.1

Actividad 1

Responde después de ver el video

<https://www.youtube.com/watch?v=1Vd0bVYn9qE>

- a) Volvamos a la Actividad Introdutoria de la página 3, ¿Existe algún sistema (o marco) de referencia desde el que se vería a la señora C desplazarse a 35 km/h?

Actividad 2

Julián salió de la puerta de la Universidad Nacional de Quilmes a las 12 h recorriendo aproximadamente 1 m cada segundo. Caminó aproximadamente 200 m y se detuvo. Responde:

- a) ¿Cuáles son las magnitudes que puedes vincular con este breve relato?
b) ¿Cuál es la distancia recorrida por Julián?
c) ¿Cuál/es de ella/s -de acuerdo con lo visto en el video En su Justa medida-corresponden a magnitudes básicas? ¿Cuál es el valor y la unidad de cada una?
d) ¿Cuál fue el tiempo empleado por Julián en recorrer 200 m?
e) ¿En qué calle está?
f) ¿Con qué velocidad se movió?
g) Si no has podido responder a todas las preguntas, indicar qué otros datos o información adicional deberían tener para poder dar una respuesta. Justificar.

Actividad 3

Una mosca está parada en el extremo de la aguja que indica los segundos en un reloj colgado en la pared. Para un mosquito parado en el otro extremo de la aguja de los segundos ¿la mosca está en reposo o en movimiento? Justifica.

Actividad 4

¿En qué caso/s puede suceder que el espacio (o la distancia) recorrida sea 0 y el desplazamiento sea 0?

- a) ¿En qué caso/s puede suceder que haya espacio (o distancia) recorrida, y el desplazamiento sea 0?
b) Considerando la mosca del ejercicio anterior, para un mosquito que está en la pared opuesta, frente al reloj ¿qué trayectoria describe la mosca?

Actividades Unidad 4.2

Actividad 1

Leer el párrafo vinculado con la idea de punto material que se presenta a continuación. Subraya las frases donde aparezca la caracterización del punto material, a partir de lo trabajado en la teoría.

“El movimiento de un objeto a través del espacio puede estar acompañado por la rotación o la vibración del propio objeto. Dichos movimientos pueden ser muy complejos, sin embargo, algunas veces es posible hacer algunas simplificaciones despreciando los movimientos internos del objeto que está en movimiento. En muchas situaciones, un objeto, se puede considerar como una partícula si únicamente se está considerando el movimiento de traslación a través del espacio. Una partícula idealizada es un punto matemático sin tamaño, es decir, sin dimensiones. Por ejemplo, si se desea describir el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, se puede tratar a la Tierra como una partícula y obtener una exactitud razonable en la predicción de su órbita. Esta aproximación se justifica dado que el radio de la órbita de la Tierra es grande comparado con las dimensiones de la Tierra y el Sol. Por otro lado, no se podrá usar la descripción de partícula con el fin de explicar la estructura interna de la Tierra y fenómenos como las mareas, los terremotos y la actividad volcánica. En una escala mucho más pequeña, es posible explicar la presión ejercida por un gas sobre las paredes de un recipiente, tratando a las moléculas del gas como partículas. Sin embargo, la descripción de las moléculas como partículas generalmente resulta inadecuada para comprender aquellas propiedades del gas que dependen de los movimientos internos de las moléculas, a saber, las rotaciones y vibraciones” Serway (1994, pág. 42).

Actividad 2

Brindar ejemplos de cuerpos de gran tamaño en situaciones tales que puedan ser considerados como punto material; y para el mismo cuerpo situaciones en que no puedan ser considerados como tal. No dar ejemplos idénticos a los citados en las lecturas realizadas.

Actividad 3

Un estudiante, un poco anticipadamente, y antes de que se aborde el tema en el curso pide que se le explique qué se entiende por **“fuerza”** en física. Redactar un breve párrafo que dé respuesta al estudiante. Utilizar palabras, no sólo expresiones matemáticas. Incluir ejemplos aclaratorios.

Actividad 4

Dibujar los vectores que representan las fuerzas ejercidas por los cuerpos que aparecen entrecomillados sobre los cuerpos señalados en **negrita**.

- a) El “empleado” de un comercio al empujar una **caja**.
- b) Un “jugador de fútbol” al patear una **pelota**.
- c) Las “manos” que estiran una **banda elástica**.
- d) Un “imán” cercano a unos **clavos de hierro**.

Indicar para cada situación planteada, cuál es el sistema u objeto bajo estudio y cuál es el medio externo.

Actividad 5

Se arroja verticalmente hacia arriba una pelota, y se muestra a la misma deportista en tres tiempos distintos, como se muestra en la figura. Suponiendo que el rozamiento con el aire es despreciable y considerando un

sistema de referencia fijo en el suelo:

- a) Describe el movimiento de la pelota, e indica si el módulo de la velocidad aumenta, disminuye o permanece constante. Justifica la respuesta.
- b) Dibuja, aproximadamente a escala, los vectores representativos de la o las fuerza(s) que se ejerce(n) sobre la pelota, cuando:
 - i. está subiendo y se halla más o menos a mitad de camino,
 - ii. alcanza la altura máxima,
 - iii. cuando está bajando.



Figura 1. Tiro vertical de una pelota

Actividad 6

- I. En lo que sigue se presentan diferentes situaciones.
- II. Un carrito que se coloca en el piso y se lo deja ahí.
- III. Un carrito que, luego de ser empujado, se mueve en línea recta sobre una superficie horizontal.
- IV. Un carrito que se mueve en línea recta al ser empujado por un nene que ejerce una fuerza constante.
- V. Un carrito empujado por un nene con una fuerza constante, que se mueve en línea recta y siempre con la misma rapidez.
- VI. Un “gran ropero” al ser empujado por un nene

Adoptar un sistema de referencia que pueda ser considerado en reposo, para todas las situaciones planteadas e indicar claramente los supuestos (simplificaciones, forma de esquematizar el objeto de estudio) que se establecen para dar respuesta a cada uno de los siguientes ítems:

- a) Analizar si la velocidad de los objetos en estudio cambia o permanece constante a medida que transcurre el tiempo. Justificar.
- b) Dibujar los vectores representativos de la o las fuerza(s) que se ejerce(n) sobre los objetos de estudio e indicar qué la ejerce.
- c) Realizar una puesta en común de la actividad anterior y establecer bajo qué condiciones un cuerpo:
 - i. C1 permanece en reposo;
 - ii. C2 se mueve con velocidad constante;
 - iii. C3 incrementa su rapidez mientras se mueve en línea recta;

iv. C4 disminuye su rapidez mientras se mueve en línea recta.

Importante: Cuando sea necesario indicar los supuestos establecidos para resolver las actividades. Por ejemplo, en el caso de un cuerpo que cuelga de una soga es posible considerar -bajo ciertas condiciones- a la soga inextensible y con masa despreciable y esquematizar al cuerpo como punto material.

Actividad 9

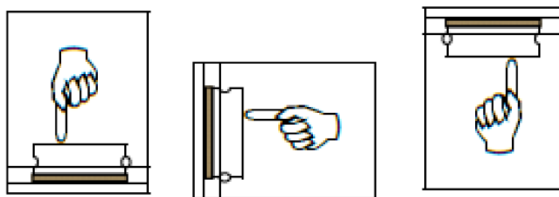
Una nave interestelar, lejos de la influencia de estrellas y planetas, se desplaza a velocidades altas, bajo la influencia de cohetes de fusión, cuando los motores se descomponen y se detienen. La nave:

- se detendrá inmediatamente, arrojando a sus ocupantes a la parte delantera
- comenzará a disminuir su velocidad, llegando finalmente al reposo en la soledad del espacio.
- seguirá moviéndose a velocidad constante durante algún tiempo, pero luego comenzará a reducir su velocidad.
- seguirá moviéndose indefinidamente con la misma velocidad que tenía al momento de apagarse los motores.

Elegir la opción correcta y justificar la respuesta.

Actividad 10

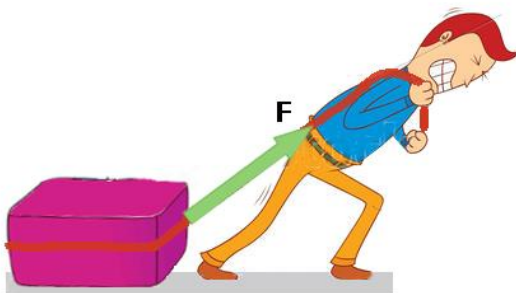
Se aprieta un borrador contra el piso, la pared y el techo, tal como se muestra en las siguientes figuras.



- Representar la(s) fuerza(s) que se ejerce(n) sobre el borrador en cada una de las situaciones. Indicar qué ejerce cada fuerza.
- Escribir la expresión matemática de la primera ley de Newton considerando como sistema de estudio al borrador
- Explicar por qué el borrador se mantiene en reposo.
-

Actividad 11

Un hombre tira de una soga atada a un bloque y ambos se mantienen en reposo.



- Considerar como sistema bajo estudio al bloque y representar las fuerzas que se ejercen sobre

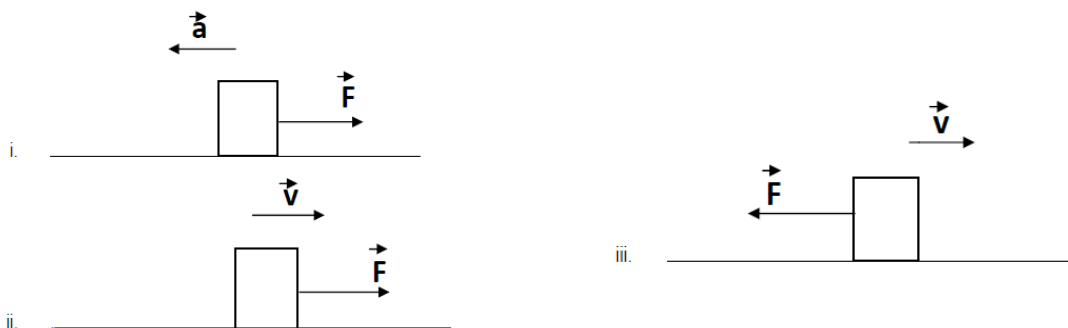
- él. Indicar qué ejerce cada fuerza.
- Considerar como sistema bajo estudio el hombre y representar las fuerzas que se ejercen sobre él. Indicar qué ejerce cada fuerza.
 - Escribir la expresión matemática de la primera ley de Newton considerando como sistema de estudio al hombre.
 - Expresa en palabras por qué el hombre se mantiene en reposo.

Importante: Cuando sea necesario indicar los supuestos establecidos para resolver las actividades. Por ejemplo, en el caso de un cuerpo que cuelga de una soga es posible considerar -bajo ciertas condiciones- a la soga inextensible y con masa despreciable y esquematizar al cuerpo como punto material.

Actividad 12

Los esquemas que siguen brindan información respecto del movimiento de cuerpos que, en todos los casos, están en movimiento bajo la acción de una fuerza resultante F .

- Establecer entre las diferentes situaciones aquella(s) que es/son físicamente imposible(s). Justificar la elección.
- Describir el movimiento del cuerpo para los casos físicamente posibles. Justificar la descripción.



Actividad 13

Un estudiante está buscando diferentes libros de texto que hagan referencia a la Segunda ley de Newton. En uno de ellos encuentra el párrafo que sigue:

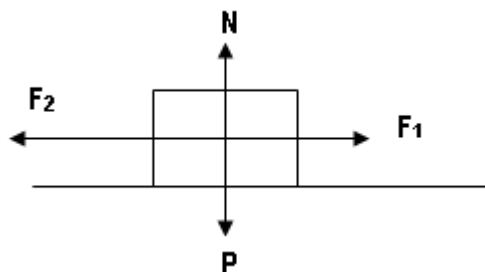
“La segunda ley de Newton, conocida como principio de masa, sostiene que: *la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él*”.

Su profesor de física no está muy de acuerdo con la forma en que es enunciada la ley.

- Señalar al menos dos ideas que presenta la segunda ley de Newton que aparece en el libro de texto, que consideres inapropiadas o ausentes.
- El estudiante afirma que la segunda ley de Newton vale siempre. ¿Estás de acuerdo con el estudiante? Justificar la respuesta.

Actividad 14

En el esquema se representan las fuerzas ejercidas sobre un bloque que se está moviendo sobre una superficie horizontal. Podemos afirmar que el bloque:



Elegir la opción correcta y justificar.

- Se está moviendo hacia la izquierda con velocidad constante.
- Está, con seguridad, moviéndose de derecha a izquierda.
- Está, con seguridad, frenando y se desplaza de izquierda a derecha.
- Puede estar moviéndose hacia la derecha o hacia la izquierda y su aceleración está dirigida hacia la izquierda.

Actividad 15

Para aplicar la segunda ley de Newton en la resolución de un problema es conveniente hacer uso de procedimientos adecuados. Enumerar qué procedimientos se consideran adecuados para resolver un problema. Muchas veces los libros de texto hacen propuestas al respecto, que pueden ser útiles.

Actividad 16

Un bloque de 500 g se desliza por una mesa con rozamiento despreciable bajo la acción de una fuerza F de 2 N. Imagina que este mismo experimento se realiza en la Luna, con el mismo bloque, la misma mesa y bajo la acción de la misma fuerza. Con la finalidad de simplificar los cálculos, se considera en la Tierra $g = 10 \text{ m/s}^2$ y en la Luna $g = 1.6 \text{ m/s}^2$. Señalar, entre las afirmaciones que siguen, las que son correctas. Justificar con palabras y/o expresiones matemáticas.

- En la Tierra el bloque adquiere una aceleración de 4 m/s^2
- La masa del bloque en la Luna es de 0.50 kg
- En la Luna el bloque adquiere una aceleración de 4.0 m/s^2
- El peso del bloque en la Tierra es de 5 N
- El peso del bloque en la Luna es de 0.80 N

Actividad 17

Un ladrón en un aeropuerto quiere llevarse un carrito con valijas y tira de él con una fuerza de 145 N. El dueño se resiste a ser robado tirando del carrito para el otro lado con una fuerza de 85 N. La masa total del carrito cargado es de 60 kg.

- ¿Cuánto pesa el carrito?
- ¿Qué aceleración adquiere el carrito?
- Repentinamente el pasajero suelta el carrito y el ladrón sigue aplicando la misma fuerza.
¿Cuál es la aceleración del carrito ahora?

Actividad 18

La caja de la figura, de 4kg, se está moviendo con una aceleración de 5 m/s^2 sobre una superficie horizontal. El chico de la izquierda tira de una soga ejerciendo una fuerza de 10N y el otro empuja la caja ejerciendo una fuerza de 13 N. El rozamiento entre las superficies de contacto no es despreciable.



Parte I

- Indicar si la fuerza que ejerce la caja sobre el chico que la empuja es mayor, menor o igual a 13 N. Justifica la respuesta.
- Determinar la fuerza de rozamiento entre la caja y el piso.

Parte II

- Representar claramente las fuerzas que se ejercen sobre:
 - el chico de la derecha,
 - el chico de la izquierda,
 - la caja.

Indica en todos los casos qué ejerce cada fuerza.

- Identifica entre todas las fuerzas representadas en el ítem anterior, si es posible, todos los pares de fuerzas que constituyan pares de interacción. Justificar la elección.

Actividad 19

Una grúa está subiendo una caja de 1000 kg atada a una cadena. La caja, que inicialmente está en reposo, incrementa su velocidad 4 m/s cada segundo.



- Determinar la fuerza que ejerce la cadena.
- Representa en un gráfico cartesiano y en forma cualitativa (es decir sin dar valores numéricos) la fuerza neta que se ejerce sobre la caja en función del tiempo. Justifica claramente la representación.
- Representa en un gráfico cartesiano y en forma cualitativa la aceleración de la caja en función del tiempo. Justifica la representación.
- Representa en un gráfico cartesiano y en forma cuantitativa la velocidad de la caja en función del tiempo. Justifica la representación.

Actividad 20

Considera que el bloque de la actividad anterior se está moviendo en línea recta y en el instante t_0 pasa por la posición x_0 moviéndose con una velocidad v_0 . La fuerza resultante que se ejerce sobre el bloque (cuerpo puntual) es nula. Responde los ítems del ejercicio.

Actividad 21

Una carga cuelga del cable de una grúa. Representa las fuerzas que se ejercen sobre la carga y compara las intensidades de las mismas para los siguientes casos:

- a) la carga permanece en reposo;
- b) la carga acelera hacia arriba;
- c) la carga sube con velocidad constante;
- d) la carga acelera hacia abajo;
- e) la carga cae libremente.

Actividad 22

Si la carga del problema anterior tiene una masa de 2.0 toneladas, determina:

- a) La tensión del cable cuando permanece en reposo.
- b) La tensión del cable cuando ya ha comenzado a moverse y está subiendo con una aceleración de 1.2 m/s^2 .
- c) La tensión del cable cuando, después de un breve período de aceleración, la carga sigue elevándose con velocidad constante.
- d) La tensión del cable cuando está bajando e incrementando su velocidad a razón de 1.2 m/s cada segundo.
- e) Si la carga cae libremente, ¿cuál es la aceleración que adquiere la carga? ¿Cuál es la aceleración que adquiere la Tierra considerando que su masa es aproximadamente $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$?

Indica todos los supuestos necesarios para resolver el ítem anterior, explicando qué implicancia tiene cada uno.

Actividad 23

Arthur C. Clarke fue un escritor y científico británico, principalmente conocido por sus relatos y novelas de ciencia ficción. Entre sus obras, se destaca *2001: Una odisea espacial*, que fue llevada al cine por el director Stanley Kubrick. Tanto la novela como la película se caracterizan por tomarse muy en serio las leyes de la física y aplicarlas fielmente a los fenómenos que describen. A continuación, podemos ver un ejemplo de esto, a través de la descripción que Clarke hace de una base de investigación emplazada en la Luna:

“Una de las atracciones de la vida en la Base —y de la Luna en general— era indudablemente la baja gravedad, que producía una sensación de cabal bienestar. Sin embargo, tenía sus peligros, y pasaban varias semanas antes de que un emigrante de la Tierra pudiera adaptarse. En la Luna, el cuerpo humano había de aprender toda una nueva serie de reflejos. Tenía que distinguir, por primera vez, entre masa y peso. Un hombre que pesara noventa kilos en la Tierra podría sentirse encantado al descubrir que en la Luna su peso era sólo de quince. En tanto se moviera en línea recta y a velocidad uniforme, experimentaba una maravillosa sensación de flotar. Pero en cuanto intentara cambiar de trayectoria, doblar esquinas, o detenerse de súbito... entonces descubría que seguían existiendo sus noventa kilos de masa, o inercia. Pues ello era fijo e inalterable... lo mismo en la Tierra, la Luna, el Sol, o en el espacio libre. Por lo tanto antes de que pudiera uno adaptarse debidamente a la vida lunar, era esencial aprender que todos los objetos eran ahora seis veces más lentos de lo que sugería su mero

peso. Era una lección que se llevaba uno a casa a costa de numerosas colisiones y duros porrazos, y las viejas manos lunares se mantenían a distancia de los recién llegados hasta que estuvieran aclimatados" (Clarke, 1968).

Teniendo en cuenta el fragmento anterior y lo visto durante las clases, responde las siguientes preguntas:

- ¿A qué se refiere el texto cuando dice que los recién llegados a la Luna debían distinguir por primera vez entre masa y peso?
- Presta atención a la oración resaltada en negrita. ¿La afirmación es estrictamente correcta? ¿Por qué? Reformula la oración para que exprese lo mismo, pero de manera más fiel al lenguaje de la física.
- ¿A qué se debe el problema que señala Clarke sobre la dificultad de doblar o cambiar de trayectoria? Explícalo a partir de las leyes de Newton.
-

En base a la información presentada en el fragmento, calcula el valor de g en la Luna.

Actividad 24

Un mono de peso P se encuentra sentado sobre una mesa horizontal. La fuerza que ejerce la mesa sobre el mono es N y la fuerza con que el mono atrae a la Tierra es F .



Analiza los siguientes pares de fuerzas:

- i) P y N ii) P y F iii) N y F

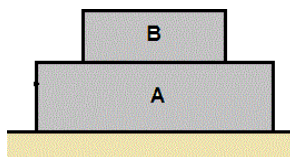
¿En cuál de los siguientes ítems se nombra un par de interacción? Elegir la opción correcta y justifica:

- Sólo en i
- Sólo en ii
- Sólo en iii
- En i, ii y iii
- En ningún par de fuerzas presentado

Actividad 26

Dos bloques se encuentran apilados. Realiza el análisis de todas sus interacciones cuando:

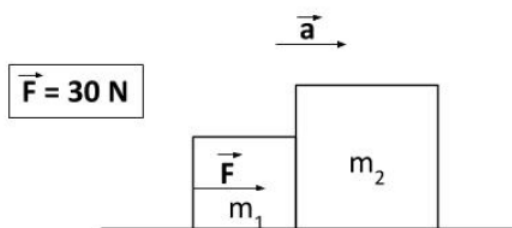
- El sistema de estudio es el bloque B
- El sistema de estudio es el bloque A.



Identifica entre las fuerzas representadas, si es posible, fuerzas iguales que constituyan un par acción-reacción. Justifica

Actividad 36

Dos cajas como se muestra en la figura están en movimiento sobre una mesa horizontal pulida. Un niño, que no se representa en la figura, está empujando la caja 1.



- Tomando a la caja 1 como sistema de estudio realiza el diagrama de las fuerzas que se ejercen sobre la misma
- Tomando a la caja 2 como sistema de estudio realiza el diagrama de las fuerzas que se ejercen sobre la misma
- Tomando a la caja 1 y a 2 como sistema de estudio realiza el diagrama de las fuerzas que se ejercen sobre el mismo
- Identifica entre las fuerzas representadas, si es posible, fuerzas iguales que no constituyan un par acción- reacción. Justifica
- Identifica entre las fuerzas representadas, si es posible, fuerzas iguales que constituyan un par acción- reacción. Justifica

Actividad 27

Un estudiante pregunta:

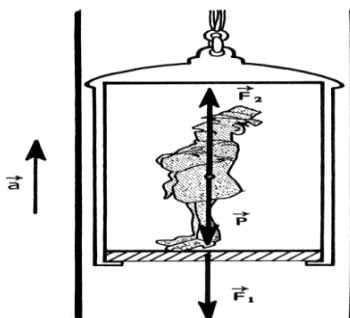
“Si las fuerzas de acción y reacción son de igual intensidad pero de sentido contrario, ¿por qué no se anulan entre sí?” Redacta un breve párrafo que dé respuesta a la pregunta del estudiante. Brinda un ejemplo y explícalo claramente.

“Si un cuerpo se está moviendo bajo la acción de una fuerza resultante constante. ¿Es posible que la fuerza resultante que se ejerce sobre el cuerpo y la velocidad no tengan igual dirección y/o sentido?”

Redacta un breve párrafo que dé respuesta a la pregunta del estudiante. Brinda ejemplos.

Actividad 28

La figura que sigue muestra a una persona de peso P que está en el interior de un ascensor que se mueve con una aceleración dirigida hacia arriba, siendo F_1 la fuerza que la persona ejerce sobre el piso del ascensor



y F_2 la fuerza que ejerce el piso del ascensor sobre la persona. Observa la figura y determina cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas. Justifica en cada caso:

1. La resultante de las fuerzas que se ejercen sobre la persona es: $F_2 - P - F_1$
2. $F_2 > P$ porque la persona adquiere una aceleración hacia arriba
3. $F_1 = F_2$ porque constituyen un par de acción y reacción
4. $F_1 = P$, o sea la fuerza que ejerce el hombre sobre el piso es igual a su peso
5. $F_2 = P$ porque constituyen un par de acción y reacción.

Parte II:

Si el ascensor de la figura anterior sube a velocidad constante señala, entre las afirmaciones siguientes, cuál o cuáles es/son la(s) correcta(s). Justifica la respuesta.

a. $F_2 = P$

b. $F_2 > P$

c. $F_1 > P$

Actividad 29

Calcula la aceleración del cosmonauta en el instante de lanzar la herramienta, teniendo en cuenta que aumenta su velocidad 1 m/s cada segundo. Una señora que transporta una valija tal como se muestra en la figura camina a velocidad constante:



- a) Tomando a la valija como sistema de estudio, realiza el diagrama de las fuerzas que se ejercen sobre la misma
- b) Tomando a la señora como sistema de estudio, realiza el diagrama de las fuerzas que se ejercen sobre ella
- c) Considera como sistema de estudio la valija. Escribe la expresión particular que adopta la segunda ley de Newton para este sistema de estudio.

Actividad 30

Una nave espacial que se encuentra navegando en el espacio lejos de la influencia de todo cuerpo celeste, sufre una falla en sus motores y estos se apagan por completo.

- a) ¿Qué ocurrirá con la nave en el momento posterior en que se apagan los motores?
- b) Durante la reparación de los motores y en un confuso episodio, uno de los cosmonautas se suelta de la soga de seguridad que lo tenía unido a la nave y queda suspendido a dos metros de ésta, fuera del alcance de sus compañeros. Por suerte, había conservado en su mano una “pesada” herramienta (de 30 kg) y recordaba la tercera ley de Newton. Al poco tiempo volvió sano y salvo a la nave. Explica lo ocurrido.