

Unidad Temática N° 1

Las leyes del movimiento

Los objetivos de esta Unidad Temática son los siguientes:

- Comprender la noción de fuerza como resultado de una interacción.
- Reconocer las fuerzas que actúan en un sistema físico.
- Aplicar las leyes del movimiento en la resolución de situaciones problemáticas.
- Interpretar el movimiento de los cuerpos de acuerdo con el Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento.

A continuación te enunciamos los temas que esperamos analizar en esta primera Unidad Temática:

- 1.- Cantidad de movimiento: su variación y su conservación. El auxilio matemático, vectores. La importancia de las unidades.
- 2.- Concepto de fuerza. La fuerza como el resultado de una interacción. Tipos de fuerzas.
- 3.- Leyes del movimiento. La variación de la cantidad de movimiento como consecuencia de la acción de una fuerza. La importancia del principio de inercia. A toda acción le corresponde una reacción. Recomendaciones para la resolución de problemas.
- 4.- ¿Por qué se caen los cuerpos?: Peso y campo gravitatorio. Actividades de integración.

1. Cantidad de Movimiento

Empezaremos el análisis del movimiento de los cuerpos con una actividad reflexiva.

El conductor de un automóvil se da cuenta de que se ha quedado sin frenos cuando se acerca peligrosamente a una esquina. ¿Qué podría hacer ese conductor para evitar chocar con otro vehículo que eventualmente podría llegar a la esquina por la otra calle? Imagínate todas las opciones posibles.

Otra cosa: ¿Podrías hacer algo por ayudarlo desde la vereda? Al igual que en la pregunta anterior, puedes dar como pertinentes todas las posibilidades que se te ocurran.

Seguramente han cruzado por tu mente varias imágenes sobre esta situación. En el primer caso habrás pensado, por ejemplo, en que el conductor puede aplicar un rebaje con la caja de cambios, tirarse hacia la vereda para hacer rozar las ruedas contra el cordón, cerrar el contacto o hasta hacerlo chocar suavemente con algún automóvil que fuera delante.

En el segundo de los casos se te puede haber ocurrido subirte a otro automóvil, adelantarte al que se quedó sin frenos y detenerlo de a poco haciéndolo chocar contra tu vehículo, tirarle obstáculos menores por delante, como piedras, cajas, etc., para hacer que disminuya su velocidad y hasta tirar desde atrás con una soga o un cable de acero. Como verás, mentalmente todo es posible.

Observarás que en todos los casos se trata de hacer disminuir la velocidad del automóvil oponiéndole algún obstáculo. ¿Has pensado en el esfuerzo que ello acarrearía? ¿Qué será más fácil: detener a un automóvil o a un camión, suponiendo que ambos vayan a la misma velocidad? Obviamente, aunque después analizaremos por qué, intuitivamente se piensa que es más difícil detener a un camión que a un automóvil. Para decirlo de manera simple: el tamaño tiene algo que ver. Cuántas veces habrás escuchado decir, luego de un accidente trágico, que a un camión cargado !no lo para nadie!. Es como si te agarrara el tren.

Veamos ahora qué pasa si debes intentar detener a dos automóviles del mismo tamaño pero que se desplazan a distintas velocidades.

Seguramente aquí también habrás acertado. No hace falta saber mucha Física para estimar que el automóvil más veloz será más difícil de detener.

Así, sin entrar en mayores precisiones, podemos decir que **tanto el tamaño como la rapidez tienen algo que ver con el mayor o menor esfuerzo que haya que hacer para detener a un vehículo en movimiento**. Será lo mismo también para empezar a moverlo. ¿O no?

Palabras más, palabras menos, hemos sentado las bases para enunciar una magnitud de importancia para la interpretación del movimiento de los cuerpos: la cantidad de movimiento, a la que definiremos como el producto de la masa de un cuerpo por su velocidad.

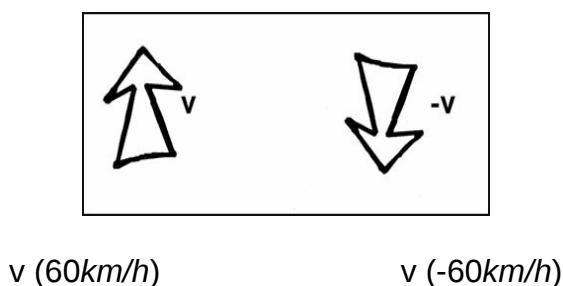
Esto puede formalizarse matemáticamente de la siguiente forma:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

En esta expresión hay dos magnitudes, la velocidad y la cantidad de movimiento, que tienen características especiales: son **vectores**. Justamente por eso están escritas de manera diferente, con una flecha sobre la letra que las identifica; en otros textos puede que los veas escritos en negrita. A diferencia de las magnitudes **escalares**, como la masa de un cuerpo o su volumen, las magnitudes vectoriales no se definen solamente por su módulo, o sea por su valor.

Un automóvil que se desplaza por una carretera de sur a norte, con una velocidad de, por ejemplo, 60km/h , no tiene la misma velocidad que otro que lo hace en sentido contrario, también a 60km/h . Deberíamos decir, en todo caso, que uno de ellos -el que va de sur a norte, por ejemplo- se desplaza con una velocidad de 60km/h y que el otro lo hace a -60km/h .

El módulo, la dirección y el sentido, son los tres parámetros que debemos tener en cuenta para trabajar con vectores, y a veces también es necesario dar el punto de aplicación. Las dos velocidades de los automóviles, en el caso que mencionamos, tienen el mismo módulo (60km/h), también igual dirección (la línea norte-sur), pero distintos sentidos (la flecha con que representaremos al vector mirará hacia el sur en una y hacia el norte en la otra).



Uno de ellos podría moverse también de este a oeste, con lo que variarían su dirección y su sentido.

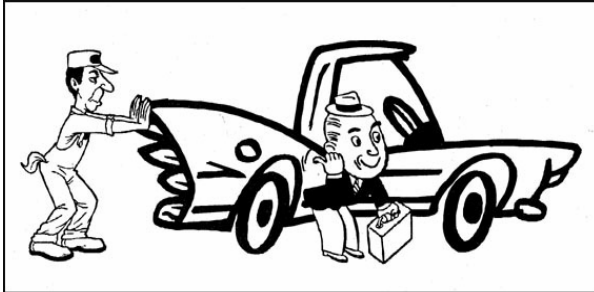
Dada la relación directa existente entre la velocidad y la cantidad de movimiento, y sus características vectoriales, cualquier cambio en el módulo, la dirección o el sentido de la velocidad provocará un cambio en la cantidad de movimiento. De hecho, la cantidad de movimiento tiene siempre la misma dirección y sentido que la velocidad; porque m , que es la masa del cuerpo, es una magnitud que siempre es positiva.

De aquí en adelante estableceremos la siguiente notación: los vectores como la velocidad y la cantidad de movimiento serán escritos con flechas ($\vec{v}$ y $\vec{p}$). Si nos referimos a sus módulos, al igual que las magnitudes de parámetros que no son vectores y a los que se conoce como dijimos anteriormente con el nombre de **escalares**, como el tiempo y la masa, se escribirán en blanquita, o sea letra normal ($v - p - t - m$) o también en itálica.

Analizaremos ahora en qué casos permanece constante y en cuáles varía la

cantidad de movimiento $\vec{p}$ de un cuerpo.

Veamos qué pasa cuando se quiere poner en movimiento un cuerpo que estaba en reposo.



Antes

Después

Al automóvil de la figura se le ha acabado el combustible. Lo normal es que se lo empuje hasta un lugar seguro o hasta la estación de servicio más próxima.

Si lo empuja una sola persona, lógicamente se demorará más en colocarlo junto al cordón de la vereda que si lo hacen dos, o tres, o cuantos puedan sumarse a la tarea.

Al mismo tiempo, podemos afirmar que la velocidad del automóvil irá aumentando en cada caso y, por lo tanto, también aumentará su cantidad de movimiento.

Analicemos ahora qué pasa cuando un automovilista viaja a cierta velocidad y observa de pronto que un niño que juega a la pelota se cruza repentinamente en su camino, como se muestra en la figura.



Antes

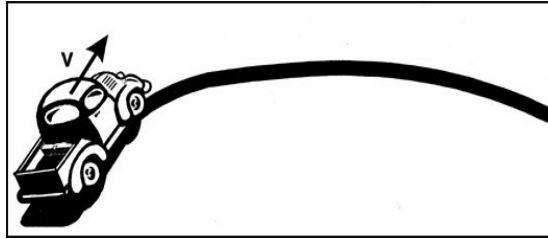
Después

El ruido de la frenada habrá venido a tu mente de inmediato. ¿Cómo será el cambio de la cantidad de movimiento del auto en comparación con el ejemplo anterior?

Te invitamos a que, al costado de las figuras, dibujes los vectores $\vec{p}$ antes y después del movimiento analizado.

¿Serán estas las únicas formas de variación de la cantidad de movimiento?

Piensa en el siguiente ejemplo: Un automovilista toma una curva teniendo la precaución de mantener el velocímetro “clavado” en 60km/h. Dibuja, sobre el trazado de la curva de la figura, vista desde arriba, la trayectoria del automóvil y su vector cantidad de movimiento.



¿Se mantuvo constante la cantidad de movimiento? ¿Qué es lo que cambió? Recuerda que la cantidad de movimiento es un vector y que por lo tanto la magnitud no es el único elemento por considerar.

El auxilio matemático

Albert Einstein, el genial físico que mencionamos al principio del módulo, es también autor de la siguiente frase: "Para entender a la naturaleza debemos conocer su lenguaje, que es el de la matemática".

O sea que de la misma manera que el conductor del auto que queremos detener podrá requerir de distintos tipos de auxilios, en Física requerimos permanentemente del auxilio de la Matemática para explicar mejor los fenómenos que nos interesan.

Es mucho lo que hemos mencionado hasta aquí en forma matemática, casi sin darnos cuenta. Hablamos de "mayor" o "menor" esfuerzo. ¿Mayor que quién?, ¿cuánto mayor? La expresión de cantidad de movimiento ($\vec{p} = m \cdot \vec{v}$), por ejemplo, es una igualdad matemática que implica un producto y que también puede ser una función si consideramos que la velocidad puede ser un factor variable, por ejemplo a medida que transcurre el tiempo.

Como verás, se trata de conceptos físicos como cantidad de movimiento, masa, velocidad, pero que están relacionados a través de la matemática. Cuando te decimos que tal o cual magnitud es un vector, te indicamos que se expresan en **negrita** y además los utilizamos en fórmulas o ecuaciones, estamos acudiendo a la formalización matemática de esos conceptos.

De flechas a vectores

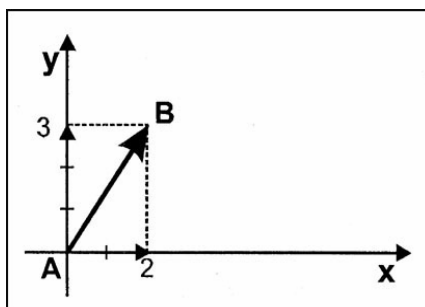
Como ya habrás notado, la imagen de la flecha es muy útil en Física para representar vectores. Hasta aquí lo hicimos para representar al vector velocidad (v), pero también lo haremos con otras magnitudes físicas como: fuerzas, aceleraciones, cantidad de movimiento, entre otras.

Es la Matemática la ciencia que formaliza el concepto de vector, despojándolo de su significado físico para, luego de conocer sus propiedades, notaciones y operaciones, aplicarlo libremente a los diferentes conceptos de la Física. Si te interesa saber más acerca de la relación entre la Matemática y las Ciencias Naturales, en este caso la Física, sería bueno que leyeras la lectura complementaria "Naturaleza y Matemáticas", en el anexo al final del módulo.

Veamos ahora cómo se definen estos vectores. Luego haremos operaciones con ellos. Al desprenderse de toda notación física, los vectores son solamente segmentos orientados en los cuales interesa el punto inicial (u origen) y el punto final (o extremo libre). Por ejemplo: segmento AB con origen A y extremo libre B.

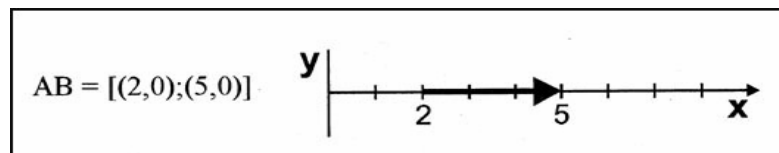
Para poder ubicar perfectamente estos puntos utilizaremos un **sistema de referencia**. Hay varios sistemas de referencia, pero aquí utilizaremos el más elemental y conocido: el sistema de ejes **coordenados cartesianos ortogonales** (coordenados porque los ejes están graduados según una unidad de medida, cartesianos porque fue Descartes (Cartesius) a quien se le atribuye su utilización, y ortogonales porque los ejes son perpendiculares entre sí). El eje horizontal se llama eje de **abscisas** y el vertical eje de **ordenadas**.

Un punto del plano queda determinado por un "par ordenado" de números (a,b). Por ejemplo, el punto $B = (2,3)$ donde el primer número indica el valor de abscisa y el segundo el valor de ordenada.



Si consideramos que el punto B es el extremo libre del segmento orientado AB, donde el origen A es el origen del sistema de coordenadas $A = (0,0)$, entonces basta dar el par de números (2,3) para que quede identificado el segmento orientado o vector AB.

De lo contrario, habrá que dar los pares de números, como por ejemplo en el siguiente caso de un vector ubicado sobre el eje horizontal:



En este caso se trata de un vector que tiene su origen en el punto 2 de la escala de las abscisas y su extremo en el punto 5.

Elementos de un vector

Definiremos y analizaremos ahora los elementos que caracterizan a un vector en Física:

Dirección: Es la recta que lo contiene.

Sentido: Está dado por el extremo libre (flecha).

Módulo: Es la "medida" o el "valor" del vector en determinada escala.

Punto de aplicación: Es dónde está aplicado el origen.

Así, en el último ejemplo, el vector tiene su dirección coincidiendo con el eje horizontal, su sentido es hacia la derecha, tiene 3 unidades de módulo (5-2) y su punto de aplicación está en el valor 2 de la abscisa.

Algunas actividades con vectores

1.- ¿Es posible que la suma de dos vectores de módulos 3 y 5 sea otro vector de módulo 2? ¿Es posible que la suma de dos vectores de módulos 3 y 5 sea otro vector de módulo 9?

2.- Un vector $\vec{d}$ tiene una magnitud de $2,5m$ y apunta en dirección del eje y positivo (hacia arriba). Debes decir cuáles son las magnitudes y direcciones de los vectores:

– $\vec{d}$; b) $\frac{\vec{d}}{2}$; c) $-2,5\vec{d}$ y d) $4\vec{d}$.

3.- Considera dos desplazamientos, uno de magnitud $3m$ y otro de magnitud $4m$. Indica como pueden combinarse estos vectores de desplazamiento para obtener un desplazamiento resultante de magnitud a) $7m$; b) $1m$; c) $5m$.

Actividades sobre cantidad de movimiento

1.- Establece algunas diferencias:

a) ¿Cuál es la diferencia en decir que una cantidad es proporcional a otra y decir que una cantidad es igual a otra?

b) ¿Cuál es la diferencia entre decir que una cantidad es directamente proporcional a otra y decir que una cantidad es inversamente proporcional a otra? ¿Puedes dar algunos ejemplos?

2.- ¿Cuál es la diferencia entre rapidez y velocidad?

3.- a) ¿Qué tiene mayor masa, un camión que está en reposo o una bicicleta en movimiento?

b) ¿Qué tiene mayor cantidad de movimiento, el camión o la bicicleta?

4.- Por una mesa rueda una pelotita hasta que llega al borde y desde allí cae al piso. Trata de responder a las siguientes preguntas....

a) Si por la mesa rueda desplazándose a velocidad constante. ¿Qué ocurre con la cantidad de movimiento? ¿Cambia o permanece constante?

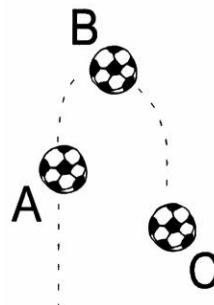
b) Cuando llega al borde, la pelotita no se detiene sino que cae de la mesa. ¿Cuál sería la trayectoria que describe la pelotita al caer? Utiliza un esquema para representar la mesa, el suelo, la pelotita y la trayectoria que sigue al caer.

c) Si se saca una foto en el instante en que la pelotita abandona la mesa ¿Cómo dibujarías el vector cantidad de movimiento en ese instante?

d) ¿Cómo graficarías al vector cantidad de movimiento en distintos puntos de la trayectoria desde que cae de la mesa hasta que llega al suelo?

5.- Si lanzas un huevo contra una pared, el huevo se rompe. ¿Puede que no se rompa si lo lanzas contra una de tus camisas que está puesta al sol, colgada de una soga? Explica tu respuesta.

6.- Se arroja verticalmente hacia arriba una pelota, según lo muestra la figura. El movimiento es en línea vertical; el desplazamiento de esta línea es solo a los fines gráficos para que se interprete el problema.



a) ¿Cómo será el vector cantidad de movimiento en los puntos A, B y C?

b) ¿Se mantiene constante o varía?

c) ¿Te animas a arriesgar una hipótesis de por qué cambia?

7.- Si se estudia el tramo completo de un medio giro de un automóvil en una avenida, de manera que vuelve en sentido contrario al original, pero en ese tramo su velocímetro siempre indica el mismo valor (rapidez),

a) ¿qué ocurre con la velocidad del automóvil? ¿Es la misma?

b) ¿Y con la cantidad de movimiento?

8.- El automóvil del problema anterior tiene una masa de 500kg y vuelve sobre su marcha en una avenida mientras su velocímetro siempre indica la misma velocidad de 20km/h . ¿Podrías calcular la cantidad de movimiento del automóvil antes y después de dar el medio giro? ¿En cuánto cambió la cantidad de movimiento del automóvil? Sería interesante que dieras tus resultados calculando el módulo de la velocidad en m/s .

La importancia de las unidades

En la última actividad te planteamos la necesidad de cambiar las unidades de velocidad para resolver un problema sobre cantidad de movimiento. A lo largo de este curso –y de toda tu carrera- te encontrarás con situaciones de ese tipo, las que irás resolviendo cada vez con mayor facilidad si sabes usar correctamente los sistemas de unidades. El objetivo de un **sistema de unidades** es el de definir en términos de una unidad estándar, la magnitud de una cantidad medida.

El Comité Internacional de Pesas y Medidas adoptó en octubre de 1960 un sistema de unidades para proporcionar definiciones claras respecto a unidades estándar como una ayuda a los científicos para que puedan comunicar sus mediciones de manera más precisa. El sistema de unidades de medición adoptado por tal comité se basa en el sistema *métrico*, pero a las unidades se las denomina **Unidades del Sistema Internacional (SI)**.

Este sistema define siete **unidades fundamentales o básicas**, el *metro* [m] para los desplazamientos, el *segundo* [s] para el tiempo, el *kilogramo* [kg] para la masa, el grado *kelvin* [K] para la temperatura, el *mol* [mol] para contar moléculas, el *ampere* [A] para la corriente eléctrica y la *candela* [cd] para la intensidad luminosa. Y dos *unidades suplementarias asociadas*, el ángulo plano y el ángulo sólido. Además de estas unidades fundamentales o básicas, el comité SI ha definido un conjunto de **unidades derivadas** que son combinaciones de las básicas. Las más importantes para este curso son el *newton* ($1\text{ N} \equiv 1\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) para la fuerza y el *joule* ($1\text{ J} \equiv 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$) para la energía, pero en algún momento deberás utilizar también el *watt* ($1\text{ W} \equiv 1\text{ J/s}$) para la potencia, el *pascal* ($1\text{ Pa} \equiv 1\text{ N}/\text{m}^2$) para la presión, entre otras unidades.

El comité también ha definido una serie de prefijos y abreviaturas de prefijos estándar (según se ve en la tabla) que se colocan a una unidad para multiplicarla por varias potencias de 10. Por ejemplo, 1 milímetro es igual a 10^{-3}m , 1 megajoule es 10^6J y 1 nanosegundo es 10^{-9}s .

Potencia	Prefijo	Símbolo
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

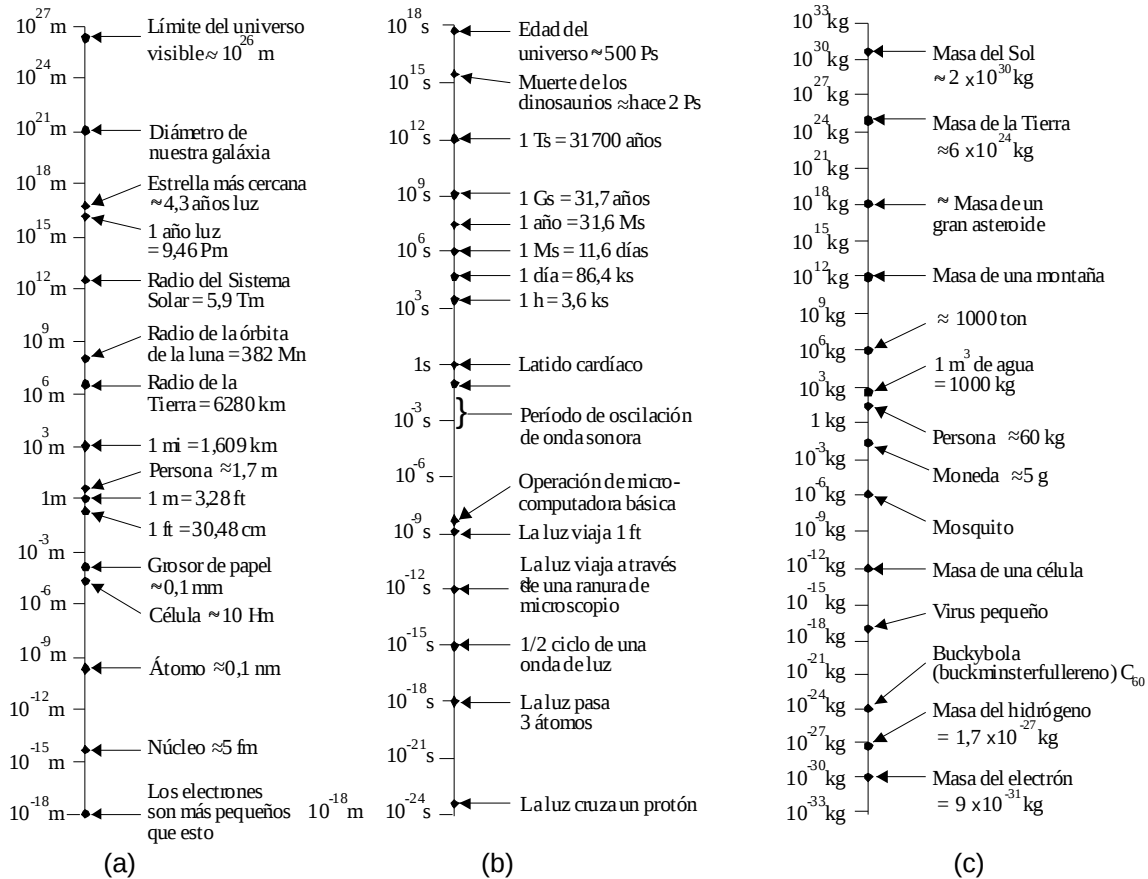
Las unidades para ángulos como el radián y el grado son estándares. También hay unidades como la *milla*, el *pie*, la *pulgada* (todas ellas son unidades de longitud y de desplazamiento) y la *libra* (unidad de fuerza) que aún se siguen usando y que pertenecen al Sistema Inglés de Medición, es justamente Gran Bretaña el país más conservador y que no quiere perder su sistema de medición propio. El resto de los países del mundo han aceptado al SI como sistema de medición único y universal.

Reglas útiles para usar el SI

- 1) Respeta los nombres y símbolos elaborados por el Comité Internacional de Pesas y Medidas. No inventes abreviaturas y símbolos de origen personal.
- 2) No castellanices los nombres propios. Deberás decir *volt* en lugar de *voltio*; *joule* (pronunciando “yul”) en lugar de *julio*; *watt* (“uat”) en lugar de *vatio*, etc.
- 3) Para construir el plural agregar una “s”: metros, joules, teslas, etc. Por ejemplo, lux, hertz, y siemens es la misma unidad en singular que en plural.
- 4) Los símbolos de las unidades no son abreviaturas: se escriben con una o dos letras minúsculas, salvo aquellos que representan unidades con nombres propios, en cuyo caso la primera letra del símbolo es mayúscula, seguida (o no) por una minúscula. Ejemplos: metro [m], segundo [s], newton [N], pascal [Pa], watt [W]. Los símbolos no llevan plural.
- 5) Los prefijos se escriben junto a la unidad (sin espacio), por ejemplo: mV; kW; ns; μ F; cm; GW; etc. Lo correcto es escribir 8km y no 8km., no debe añadirse punto al símbolo. La medida, o sea el valor numérico, se escribe sin espacio intermedio con la unidad de medida.
- 6) Si se multiplican dos unidades se coloca *un punto* entre ellas, por ejemplo: N.m; N.s; etc. No se la leerá “newton por metro” o “newton por segundo”, se dirá “newton metro” o “newton segundo”.
- 7) Si se efectúa el cociente entre dos unidades se coloca *una barra* entre ellas (que denota división), por ejemplo: m/s. Se la leerá “metro por segundo”.

Desarrollo de un sentido intuitivo para las unidades

¿Cómo es de grande un megámetro? ¿Cuánta energía posee un microjoule? Es difícil tener un sentido intuitivo para tales cantidades, por ello es interesante tener algunas referencias.



(a) Referencias para distancias en metros; (b) Referencias para tiempos en segundos; (c) Referencias para masas en kilogramos

Conversión de unidades

A veces será necesario convertir una cantidad expresada en una unidad a una cantidad equivalente expresada en otra. Por ejemplo si se quiere convertir la distancia de 23 millas [mi] a metros [m].

Comenzaremos por decir que $1\text{mi} \equiv 1609\text{m}$, entonces la relación entre ambas cantidades es igual a 1.

$$\frac{1609\text{m}}{1\text{mi}} = 1$$

Esta relación se conoce como **operador unitario**. Ya que se puede multiplicar una cantidad por 1, pues no cambia su valor, es posible multiplicar la distancia original de 23mi por 1 en la siguiente forma:

$$(23\text{mi}) \cdot (1) = (23\text{mi}) \cdot \left(\frac{1609\text{m}}{1\text{mi}} \right)$$

Vemos que la unidad $[m]$ aparece tanto en el numerador como en el denominador, entonces se puede cancelar como si fuesen números. Esta operación nos dará que $23mi$ son $37007m$.

Ejemplo 1:

Considerar que la densidad superficial de una chapa de acero es $7,8kg/m^2$. ¿Cuál es su masa si su superficie es $250cm^2$? Ya que la densidad superficial $\sigma \equiv \frac{m}{A}$, la masa será $m = \sigma \cdot A$, al multiplicar σ y A se tienen que incluir dos potencias del operador unitario que convierta metros a centímetros de modo que las unidades resulten solamente kilogramos

$$\left(7,8 \frac{kg}{m^2}\right) \cdot (250cm^2) \cdot \left(\frac{1m}{100cm}\right) \cdot \left(\frac{1m}{100cm}\right) = 1,95kg$$

Ejemplo 2:

La velocidad de la luz es $3 \times 10^8 m/s$. ¿Cuál es la distancia que viaja la luz en un año? A esta distancia se la llama año luz.

En este caso una de las unidades básicas que interviene es el tiempo $60s = 1min$ y $365,25días = 1año$, los cuales se pueden escribir como operadores unitarios de la siguiente forma:

$$\frac{60s}{1min} = 1 \qquad \frac{365d}{1año} = 1$$

La distancia 1 año luz es la velocidad de la luz por la duración del tiempo:

$$1al = \left(3 \times 10^8 \frac{m}{s}\right) \cdot 1año$$

Esta última expresión tiene mezcla de unidades, por lo que tendremos que hacer los ajustes necesarios para que la distancia recorrida nos de en $[m]$

$$1al = \left(3 \times 10^8 \frac{m}{s}\right) \cdot (1año) \cdot \left(\frac{365d}{1año}\right) \cdot \left(\frac{24h}{1d}\right) \cdot \left(\frac{60min}{1h}\right) \cdot \left(\frac{60s}{1min}\right) = 9,461 \times 10^{15} m$$

Por lo tanto hemos calculado que $1al = 9,46 \times 10^{15}m$. Vemos que las unidades de segundo, minuto, hora, día y año aparecen tanto en el numerador como en el denominador y por lo tanto se simplifican. La única unidad que queda es el metro.

Más actividades

1) Una esquiadora de $5pies$ $5pulgadas$ de altura usa esquíes que son $5cm$ más largos que su altura. ¿De qué longitud deben ser sus esquíes? Los esquíes se fabrican con intervalos de longitud de $5cm$ (es decir, $150cm$, $155cm$, etc.). ¿De qué

longitud debe comprar sus esquíes, si redondea a los 5cm más cercanos? (1pulg = 2,54cm, 1pie = 30,48cm)

2) Un camión de 5 toneladas puede desarrollar una velocidad máxima de 120Km/h. Calcula su cantidad de movimiento en unidades del SI y compárala con la cantidad de movimiento de un automóvil de 500Kg que puede desarrollar una velocidad de 170Km/h.

3) La constante de gravitación universal G, tiene un valor de $6,67 \times 10^{-11} m^3 s^{-2} kg^{-1}$ ¿Cuál es su valor en $cm^3 s^{-2} g^{-1}$?

4) El consumo de gasolina en Europa se mide en litros por cada 100 kilómetros. ¿Cuál sería el de un automóvil Volkswagen Sedan diesel, que rinde 45mi/gal? ¿Y el de un Rolls Royce que necesita un galón cada 7 millas? (Tener en cuenta que 1gal = 3,8l y que 1mi = 1609m) .

5) La velocidad necesaria para el despegue de un avión de entrenamiento T-38 a reacción es de 164nudos. Convertir dicha velocidad a km/h sabiendo que 1m/s = 1,94nudos.

Consistencia de las unidades

Cualquier ecuación relacionada con cantidades físicas debe tener las mismas unidades en ambos lados. Por ejemplo en la ecuación $\vec{v} = \frac{\vec{d}}{t}$, si $\vec{d}$ es un

desplazamiento en [m] y t es el tiempo en [s], la velocidad $\vec{v}$ deberá tener unidades de [m/s]. También es posible multiplicar cantidades que tengan diferentes unidades, como $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ en donde la masa m se mide en [kg] y la aceleración $\vec{a}$ en [m/s²] que da por resultado la fuerza $\vec{F}$ en [kg.m/s²] que como vimos es lo mismo que [N].

En el caso que dos cantidades se sumen o resten, deberán necesariamente tener las mismas unidades (no se pueden sumar 23m más 10s, pues no tiene sentido físico).

La consistencia de las unidades proporciona un camino útil para verificar el trabajo algebraico u otros cálculos: los errores algebraicos (una cantidad “mal despejada”) casi siempre producen unidades inconsistentes. Posiblemente éste sea el método más simple de verificación pero también es el menos utilizado. Es importante entonces usar siempre las unidades en que están medidas las cantidades físicas a la hora de reemplazar las mismas en las ecuaciones. Esto se debe hacer como paso previo al cálculo, reemplazar la cantidad por su valor y unidad de medida para evitar arrastrar errores.

2. Concepto de Fuerza

Hasta ahora hablamos de que hay una propiedad del cuerpo en movimiento a la que llamamos “cantidad de movimiento” y que en algunos casos se produce un cambio o variación en ella. Veamos ahora cuál es la causa del cambio en la cantidad de movimiento de un cuerpo.

En el caso del automóvil que frena bruscamente, por ejemplo, ¿qué es lo que hace que frene? Los frenos tienen algo que ver, por supuesto, son una condición necesaria pero no suficiente. Lo que hacen es bloquear las ruedas, que casi instantáneamente dejan de girar. Sin embargo, el vehículo todavía se desplaza unos metros antes de detenerse por completo.

Te dejamos que conjetures un momento y escribas algo al respecto, antes de seguir leyendo.

¿Mencionaste el roce con el piso? ¿Será lo mismo frenar en un camino asfaltado que en uno de tierra o en una pista de hielo? Evidentemente, el rozamiento tiene algo que ver.

Es necesario que haya una fuerza externa al automóvil que haga disminuir su velocidad y, por consiguiente, su cantidad de movimiento. De lo contrario, bastaría con que el chofer se aferrara al volante y lo tirara hacia atrás, ayudado en todo caso por otros ocupantes del automóvil que “empujaran” fuertemente hacia atrás, para detenerlo. Evidentemente, no es así.

Recuerda, además, los recursos que imaginaste para detener el automóvil que se había quedado sin frenos en la primera actividad de este Núcleo Temático.

Por lo tanto, podríamos establecer que **para que haya algún cambio en la cantidad de movimiento de un cuerpo, siempre será necesaria la existencia de un agente externo que interactúe con él. A esa interacción le llamaremos fuerza.**

Además, como no es lo mismo empujar un cuerpo que intentar detenerlo; esto es, ejercer una fuerza en un sentido que en otro, dejaremos sentado que la fuerza es también un vector, al igual que la velocidad y la cantidad de movimiento.

Volviendo a nuestro ejemplo, al bloquearse las ruedas por la acción del freno se hace más “fuerte” la fuerza de rozamiento que el piso ejerce sobre el automóvil y, cómo se trata de un vector con sentido contrario al de desplazamiento del automóvil, lo detiene al cabo de un cierto tiempo que será menor cuanto mayor sea la fuerza de rozamiento o menor la cantidad de movimiento del auto.

Tipos de fuerzas

Así como decimos que cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie aparece la fuerza de roce, hay otro tipo de fuerzas que se generan debido a la interacción a distancia entre dos cuerpos.

Se trata de las fuerzas gravitatorias, cuyo ejemplo principal es el peso de un cuerpo, con el que trabajaremos permanentemente en estos módulos.

Definiremos **el peso de un cuerpo como la fuerza con que la Tierra lo atrae** y lo designaremos con $\vec{F}_{T/c}$ (fuerza que la Tierra ejerce sobre el cuerpo).

Como se trata de una fuerza, magnitud a la que hemos definido como vector, el peso también es un vector. $\vec{F}_{T/c}$ es un vector al que siempre representaremos apuntando al centro de la Tierra, pues ese sería el punto en el que podemos imaginar que se concentra su máxima atracción.

Como todos los cuerpos que conocemos están dentro de la atmósfera terrestre - salvo que en algún caso analicemos a otros planetas, estrellas o vehículos espaciales- cada vez que analicemos las fuerzas que actúan sobre un cuerpo cualquiera deberemos considerar su peso $\vec{F}_{T/c}$, ya que estará dentro de lo que se denomina **campo gravitatorio**, concepto físico sobre el que volveremos más adelante.

Veamos entonces cuáles son las fuerzas que normalmente actúan sobre un cuerpo, al analizar el caso del joven que empuja el auto que se quedó sin nafta. Sólo nos interesa lo que le pasa al auto; éste es el sistema que queremos estudiar, por eso sólo dibujaremos las fuerzas que a nuestro juicio actúan sobre el auto y que hemos mencionado hasta ahora: la fuerza con que la Tierra atrae al auto (peso del auto) $\vec{F}_{T/a}$ y la fuerza de rozamiento $\vec{F}_r$. ¿Te animas a colocar solo esos dos vectores?

Para no confundirte, te aconsejamos que no dibujes los vectores sobre la figura. Pon un punto al costado al que llamarás "auto" y a partir de éste dibuja los vectores. ¿Hacia dónde apuntarán?



Muy bien. Esperamos que hayas dibujado la fuerza de roce hacia atrás y el peso hacia abajo. Si no lo hiciste así, no te preocupes, de inmediato volveremos sobre esto.

¿Sólo $\vec{F}_{T/a}$ y $\vec{F}_r$ actúan sobre el automóvil? Por supuesto que no. El joven que empuja debe aplicarle otra fuerza porque si no, no lo podría sacar del lugar donde se paró cuando se quedó sin nafta. A esa fuerza aplicada por el joven la llamaremos $\vec{F}_{j/a}$, o sea que es la fuerza que el joven ejerce sobre el automóvil.

¿Hay alguna otra fuerza actuando sobre el auto? ¿El suelo no interactúa con el

auto? Claro, dirás, le produce el rozamiento. Es cierto, pero no es el único efecto que produce: además lo sostiene, porque si no hubiera piso debajo se caería hacia el centro de la Tierra por la acción de su propio peso $\vec{F}_{T/a}$. A esa fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro por el simple hecho de estar en contacto con él, la llamaremos: fuerza normal o bien, fuerza que el piso ejerce sobre el automóvil y la designaremos como $\vec{F}_{p/a}$.

Dibujemos entonces las cuatro fuerzas que actúan sobre el auto:



Para terminar con este análisis, te pedimos que dibujes vos solo las fuerzas que actuarán sobre el auto cuando quede nuevamente detenido junto a la vereda.



¿Lo hiciste bien? ¿Pusiste una sola fuerza? Recuerda que el peso siempre está y que el auto interactúa además con otro cuerpo, que lo sostiene. Pusiste dos fuerzas, ¡qué bien! ¿Para dónde apuntan? Nos imaginamos que no habrás puesto tres fuerzas: ¿acaso alguien lo empuja o lo frena cuando está parado?

Si pusiste más de dos fuerzas o si dibujaste alguna horizontal, te recomendamos que comiences a leer de nuevo. Si no, espera a ver cómo te va con las actividades propuestas.

Actividades sobre tipos de fuerzas

1.- Piensa en cualquier objeto que habitualmente está colocado sobre la mesa de tu casa: un florero, una canasta con frutas, un cenicero, cualquier cosa. Dibuja la situación: la mesa y el objeto, y dibuja los vectores fuerza que actúan sobre cada uno de ellos, por separado (es decir, por un lado dibuja las fuerzas que actúan sobre la mesa y por otro sobre el objeto). Recuerda que no necesitas colocar las fuerzas sobre el dibujo del objeto: puedes imaginártelo como un punto sobre el que aplicas los vectores.

2.- Pensando en el objeto que colocaste sobre la mesa en el problema anterior, explica quién o qué ejerce sobre el objeto cada una de las fuerzas que dibujaste.

3.- ¿Alguna de esas fuerzas existe aunque el objeto y el otro cuerpo que ejerce esa fuerza no estén en contacto?

4.- Una lámpara de la luz que tiene un peso de $0,20N$ cuelga de un cable de un metro de largo y un peso de $0,10N$, que a su vez está agarrado de un gancho fijo al techo.

a) ¿Cuál es la fuerza que el cable hace sobre la lámpara? Indica qué magnitud tiene, qué dirección y qué sentido.

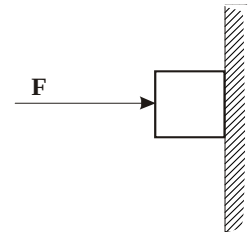
b) ¿Cuál es la fuerza que el cable hace sobre el gancho del techo?

c) ¿Cuál es la fuerza que el gancho hace sobre la lámpara?

(Te aconsejamos que hagas un dibujo para cada una de las partes del sistema que se te vaya pidiendo en el problema).

5.- Un bloque se comprime contra una pared mediante una fuerza $\vec{F}$, como se ve en la figura. En las siguientes afirmaciones existe una que es falsa. ¿Cuál es? Explica por qué es falsa.

a) La pared ejerce sobre el bloque una reacción de la misma magnitud y de sentido contrario a la que tiene $\vec{F}$.



b) Si el bloque permanece en reposo, existe una fuerza de rozamiento estática que actúa sobre él, dirigida hacia arriba.

c) Si el cuerpo permanece en reposo, podemos concluir que la fuerza de rozamiento estática de la pared sobre él, es mayor que el peso del bloque.

d) Si el valor de $\vec{F}$ es nulo, no habrá fuerza de rozamiento de la pared sobre el bloque.

e) Si no hay rozamiento entre la pared y el cuerpo, este último caerá, no importa cuán grande sea el valor de $\vec{F}$.

6.- Supongamos que en una clase tu profesor te pide que corras tu banco para formar un grupo con tus alumnos. Esquematiza la situación mientras empujas el banco para que deslice sobre el piso, indicando las fuerzas que actúan sólo sobre el banco.

7.- Dibuja todas las fuerzas que actúan sobre un autito de juguete, en los siguientes casos:

a) Ricardo está empujando el autito para que marche a velocidad constante, ¿qué ocurre con la cantidad de movimiento en ese caso?

b) Ricardo le da un impulso inicial (empujón) al autito. Analiza las fuerzas en ese instante.

c) Ricardo le da un empujón al autito, y éste rueda sobre el piso pero se va deteniendo poco a poco. ¿Qué ocurre con la cantidad de movimiento en este caso? ¿A qué se debe?

3. Leyes del Movimiento

Hasta aquí hemos analizado primero qué es la cantidad de movimiento, cuáles son las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y qué efecto producen sobre éste. Habrás observado en las situaciones anteriores que sobre el automóvil actuaba al menos una fuerza que hacía que cambiara la cantidad de movimiento: la fuerza de rozamiento en la frenada, la fuerza aplicada por el joven cuando quería mover el auto.

Un científico inglés llamado **Isaac Newton** (1643 - 1727), que se dedicó al estudio de estos temas en el siglo XVIII, encontró que existe una relación lineal, directa, entre la fuerza que se aplica sobre el cuerpo y la variación en la cantidad de movimiento que esta fuerza produce.

Observó también el físico inglés que el efecto del cambio de movimiento será mayor cuanto más tiempo actúe la fuerza.

A estas consecuencias de la acción de una fuerza sobre un cuerpo, Newton las expresó matemáticamente de la siguiente manera:

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Donde la letra griega delta mayúscula simbolizada como Δ denota en ciencias, “variación o cambio”, en este caso del vector $\vec{p}$.

Esta expresión es la versión original de lo que se conoce como Segunda Ley de Newton y establece que **cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo provoca una variación de su cantidad de movimiento con respecto al tiempo.**

Otra forma de escribir esta expresión es usando la definición de cantidad de movimiento $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta}{\Delta t} (m \cdot \vec{v}) \quad \Rightarrow \quad \Sigma \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Se debe tener en cuenta que la operación matemática tiene en cuenta tanto la variación de la masa como de la velocidad en el tiempo. Pero físicamente sabemos que en nuestro estudio la masa es constante por lo que $\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0$ y por eso no figura en la expresión anterior.

Vemos que la Segunda Ley de Newton establece algunas consecuencias respecto a la variación de la velocidad que experimenta un cuerpo en un cierto intervalo de tiempo. Así, la variación de velocidad: a) tiene la misma dirección y sentido que la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo; b) es proporcional al módulo de la fuerza neta y al intervalo de tiempo considerado; c) es inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Más adelante veremos una formulación para la Segunda Ley de Newton ligeramente diferente.

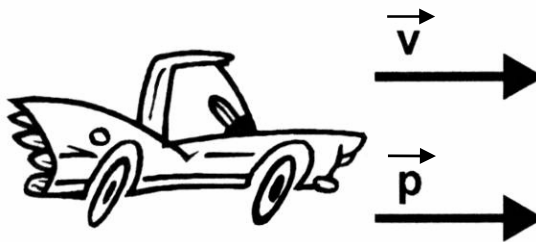
Esto tiene fuertes implicancias en el análisis del movimiento de un cuerpo y las

causas que los producen: de acuerdo con esta ley, si no hay una fuerza neta o resultante actuando sobre el cuerpo, la cantidad de movimiento permanece constante. Decimos fuerza neta porque se supone que si el cuerpo está en reposo, como el caso del auto sin nafta, la fuerza que hace el joven tiene que ser mayor que la de rozamiento para que el automóvil comience a moverse. Es decir, que la suma vectorial de ambas fuerzas tiene que ser distinta de cero y entonces el automóvil comenzará a moverse y si el joven se empeña en mantener siempre la misma fuerza –o alguien le ayuda- la cantidad de movimiento del auto seguirá aumentando constantemente.

¿Qué pasará si de repente se lo deja de empujar? Lógicamente, se seguirá moviendo un trecho y luego se detendrá. Pero mientras se está moviendo solo, es la fuerza de rozamiento la que va haciendo disminuir su cantidad de movimiento –y por consiguiente su velocidad- hasta que se detiene.

Esforcemos un poco más la imaginación. ¿Qué pasaría si no existiera el rozamiento?

Imaginemos que empujamos el automóvil hacia una pista de hielo, por ejemplo, en donde podríamos decir –forzando la situación hacia un sistema ideal- que no existe el rozamiento. ¿Qué pasará si damos un empujón al auto y lo lanzamos hacia la pista de hielo sin rozamiento? Dibuja las fuerzas que actúan sobre el automóvil cuando se va deslizando solo sobre el hielo.



¿Actúa alguna fuerza en la dirección del movimiento? ¿Alguien lo empuja o lo frena?

¿Cambia su cantidad de movimiento? Evidentemente no. Si no actúa ninguna fuerza neta sobre el automóvil, de acuerdo con lo que dijo Newton lo natural es que siga moviéndose indefinidamente en línea recta con la velocidad que traía cuando fue soltado.

Esta es una consecuencia muy importante, ya que estamos afirmando que **para que un cuerpo se mueva no es necesario que actúe una fuerza sobre él**. Si ya estaba en movimiento y no actúa ninguna fuerza que lo frene o lo empuje, se seguirá moviendo hasta que otra fuerza cambie su cantidad de movimiento.

Esto que parece tan lógico así enunciado, es difícil de entender a veces porque en la vida real no existen los sistemas sin rozamiento. Es decir que nosotros estamos tan acostumbrados a convivir con el rozamiento que nos parece natural que para que un cuerpo se mueva tenga que actuar una fuerza.

Una idea errónea, pero con historia

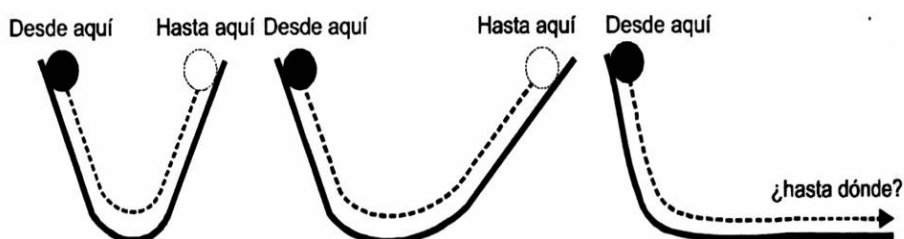
Esta idea de que la causa del movimiento es una fuerza, viene desde mucho antes de nuestra era. Antiguamente se suponía que el movimiento respondía a los postulados formulados por **Aristóteles** (384 - 322) en el siglo IV antes de Cristo. Para este científico griego, había dos tipos de movimiento: el movimiento natural y el movimiento forzado.

A su juicio, un movimiento natural era la caída de una piedra, por ejemplo, ya que él sostenía que los objetos buscaban su lugar natural de reposo. Como la piedra era un objeto formado por materia sólida, tenía que estar en el suelo. El humo, por ejemplo, que era liviano, debía naturalmente elevarse hasta las nubes. El movimiento natural, así definido, podía ser entonces hacia abajo, para la piedra, y hacia arriba, para el humo. Todo otro tipo de movimiento debía ser forzado por la acción de una fuerza. Un carro se movía porque el caballo tiraba de él, un barco era empujado por el viento y así para todos los casos que no fueran cuerpos pesados que caían o livianos que subían. Hasta explicó el movimiento de una flecha, que una vez lanzada por el arco, según Aristóteles seguía moviéndose porque el aire que quedaba detrás de ella la empujaba.

Esta forma de pensamiento perduró, a pesar de ser errónea, unos veinte siglos. Si bien resulta difícil de creer tanta permanencia para un concepto equivocado, hay que tener en cuenta que Aristóteles fue un científico muy importante, con grandes aportes en otras ciencias que aún hoy son respetados.

Fue **Galileo Galilei** (1564 - 1642), el científico más importante del siglo XVI, quien demostró que sólo cuando hay rozamiento -lo que ocurre prácticamente siempre- se requiere una fuerza para mantener un objeto en movimiento. Para probar su aseveración, el estudioso italiano observó que cuando una pelota rodaba cuesta abajo por una superficie inclinada iba adquiriendo mayor velocidad. En cambio, si la misma pelota rodaba cuesta arriba por la misma superficie (a la que llamaremos plano inclinado), perdía velocidad. ¿Qué pasaría si rodaba sobre un plano horizontal?, se preguntó. Para él, en ausencia total de rozamiento la pelota debería seguir moviéndose para siempre. Una vez en movimiento, no hacía falta empujarla para que siguiera moviéndose.

Para reafirmar su planteo, Galileo colocó un plano inclinado frente al otro y observó que si la pelota se dejaba rodar desde una misma altura, siempre subía por el otro plano prácticamente hasta esa misma altura (porque lógicamente había algo de rozamiento), independientemente de la inclinación del segundo plano. Sólo notó que a medida que disminuía la inclinación de éste, la pelota avanzaba una longitud mayor, como se muestra en la figura.



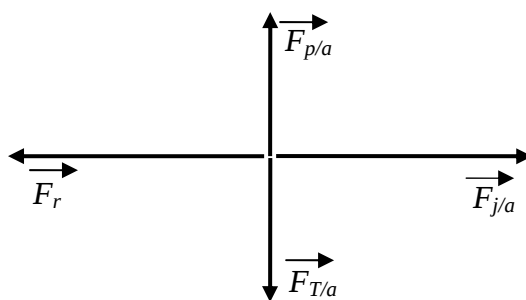
De la última de las secuencias surge la gran pregunta: ¿Qué ocurriría si el segundo plano se coloca perfectamente horizontal? ¿Qué distancia recorrería la pelota? Para Galileo, sólo el rozamiento podría evitar que siguiera rodando eternamente o al menos hasta que un factor externo la detuviera (otro cuerpo que interaccionara con ella). Estableció entonces un principio sumamente importante, que luego retomaría **Newton**: todo objeto material presenta cierta resistencia a cambiar su estado de movimiento. Y llamó **inercia** a esa resistencia.

Siguiendo el análisis de Galileo, Newton enunció en el año 1665 lo que sería la primera de sus tres leyes del movimiento y que normalmente se conoce como Principio de Inercia: **Un cuerpo que se encuentre en reposo o que siga un movimiento rectilíneo y uniforme seguirá en esa situación hasta tanto actúe una fuerza externa sobre él.**

La formulación de las leyes de Newton -que en realidad son tres, como veremos en seguida- produjo una verdadera revolución en la historia de la Física, ya que hasta entonces se suponía que el movimiento respondía a los postulados de Aristóteles. Para éste, lo natural era que los cuerpos tendieran a estar en reposo en el lugar que les corresponde. Newton, en cambio, estableció que lo natural es que un cuerpo se mueva siguiendo una trayectoria recta y con velocidad constante. Sólo se detendrá o cambiará su trayectoria si una fuerza externa actúa sobre él. Además, mientras mayor sea esta fuerza, mayor será el cambio que sufrirá la cantidad de movimiento que trae el cuerpo.

Como ya mencionáramos, hay una tercera ley que “cierra” el formidable razonamiento newtoniano acerca del movimiento de los cuerpos y las causas que lo provocan. Se trata del Principio de Acción y Reacción.

Antes de enunciar este nuevo principio físico volvamos a analizar el caso del automóvil que es empujado por un joven, donde ya establecimos que sobre el automóvil actuaban cuatro fuerzas: el peso del automóvil ($\vec{F}_{T/a}$), la fuerza normal que el suelo ejerce sobre el automóvil ($\vec{F}_{p/a}$), la fuerza de rozamiento con el suelo ($\vec{F}_r$) y la fuerza aplicada por el joven ($\vec{F}_{j/a}$).



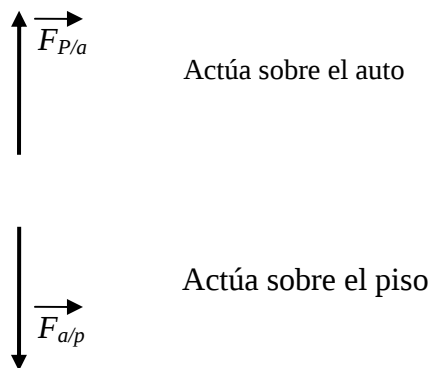
Veamos ahora qué ocurre si analizamos también las fuerzas ejercidas por el automóvil en su interacción con el medio ambiente.

En primer lugar, si establece una interacción con el suelo, es lógico pensar que el automóvil ejerza también una fuerza de contacto sobre el suelo. Esta fuerza, llamada reacción por Newton, tendría que tener la misma magnitud que la que el suelo hace sobre el automóvil.

En síntesis, según el Principio de Acción y Reacción: **cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (acción), éste ejerce sobre el primero otra fuerza (reacción) de igual magnitud pero distinto sentido a la fuerza acción.**

Sobre el automóvil, entonces, habrá una fuerza hacia arriba que el piso ejerce sobre el auto ($\vec{F}_{p/a}$) y otra que el auto ejerce sobre el piso ($\vec{F}_{a/p}$), hacia abajo .

Si quieres dibujarlas debes tener especial cuidado de no dibujarlas sobre el auto, porque una actúa sobre éste pero la otra sobre el piso.



$\vec{F}_{a/p}$ es la reacción a $\vec{F}_{p/a}$ y por lo tanto tiene la misma magnitud pero distinto sentido.

Te pedimos ahora que dibujes las reacciones a las fuerzas de rozamiento y la aplicada por el joven.

¿Dónde estará la reacción al peso de un cuerpo? Piensa con quién interactúa y responde.

Como habrás notado, en el razonamiento sobre las leyes del movimiento empezamos analizando lo que se denomina Segunda Ley de Newton, antes que el Principio de Inercia, habitualmente conocido como Primera Ley de Newton.

En realidad, no es que seamos desordenados. Bueno, en realidad lo somos pero no

tanto como para no darnos cuenta de ese detalle. Ocurre que hemos preferido hacerlo así, ya que si llegaste a comprender que para que cambie la cantidad de movimiento tiene que haber una fuerza externa neta actuando en la dirección del cambio, el Principio de Inercia surge como algo natural.

Si te fijas en el libro de Física que usabas en la escuela, verás que las Leyes de Newton comienzan con el Principio de Inercia.

Bueno. Si has leído con atención hasta aquí estarás en condiciones de ver los siguientes ejemplos de aplicación de las leyes del movimiento para después pasar a hacer solo las actividades que te proponemos.

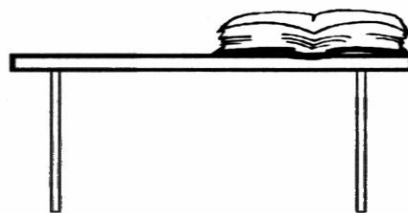
¿Por qué insistimos tanto en que analices cada cuerpo por separado?

Cuando vayas a estudiar el movimiento de un cuerpo deberás aislar a éste de toda influencia con el medio exterior. Es decir, deberás hacer lo que se llama un *diagrama de cuerpo libre* (DCL) o *diagrama de cuerpo aislado*. Para lo que deberás usar el *modelo de partícula*. Una partícula es, gráficamente, un punto que tiene el movimiento más simple que puede existir, el de traslación. Sobre ese punto vamos a suponer que está concentrada toda la masa del cuerpo y sobre él deberás dibujar todas las fuerzas que el entorno le hace al cuerpo. No nos importa por ahora las que el cuerpo le hace a otros cuerpos, sólo las tendrás que dibujar y por separado en el caso en que se solicite completar pares de acción y reacción. ¡Pero tomando la precaución de no dibujarlas sobre el mismo cuerpo!

Entonces, de aquí en más deberás hacer un diagrama de cuerpo aislado para cada cuerpo o sistema que estudies y también usar el modelo de partícula. Ya no hace falta que lo digamos explícitamente o que el profesor te lo indique.

Ejemplos de aplicación de las leyes del movimiento:

1.- Sobre una mesa se ha colocado un libro, como se muestra en la figura.

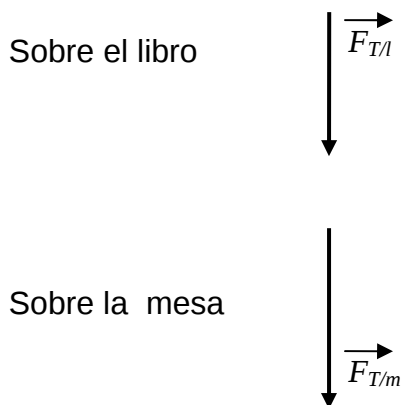


- a) ¿Podrías dibujar las fuerzas peso involucradas en el sistema mesa-libro?
- b) ¿La mesa ejerce fuerza sobre el libro? ¿El libro ejercerá alguna fuerza sobre la mesa?
- c) ¿Hay algún par de acción y reacción en el sistema mesa-libro? Justifica.
- d) Si consideramos sólo las fuerzas actuantes sobre el libro. ¿Hay algún par de acción y reacción?

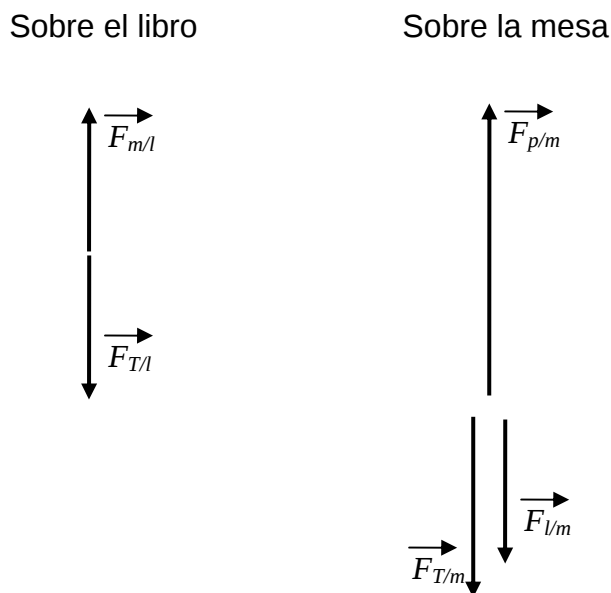
e) ¿Dónde estará la reacción al peso del libro?

Solución:

a) En este caso debemos analizar la mesa y el libro y colocar los vectores peso $\vec{F}_{T/c}$ en cada uno de ellos, apuntando verticalmente hacia abajo.



b) Por estar en contacto, la mesa y el libro interactúan entre sí ejerciendo fuerzas de contacto. La mesa ejercerá sobre el libro una fuerza normal $\vec{F}_{m/l}$ hacia arriba, en tanto que el libro ejercerá sobre la mesa una fuerza de contacto $\vec{F}_{l/m}$ hacia abajo.



Como verás, también hay una fuerza hacia arriba que el piso ejerce sobre la mesa para equilibrar al peso de la mesa y la fuerza que el libro ejerce sobre la mesa.

c) Sí, las fuerzas de contacto $\vec{F}_{m/l}$ y $\vec{F}_{l/m}$ constituyen un par de acción y reacción. Porque son de igual módulo y dirección, pero de distinto sentido, y actúan sobre

cuerpos distintos.

d) No. Sobre el libro actúan las fuerzas peso $\vec{F}_{T/l}$ y la de fuerza normal de contacto $\vec{F}_{m/l}$ que la mesa ejerce sobre éste. No pueden ser un par de acción y reacción porque están actuando las dos sobre el mismo cuerpo.

Los pares de acción y reacción actúan sobre cuerpos distintos: uno ejerce una fuerza sobre el otro (acción), y el segundo ejerce una fuerza de igual módulo y dirección, pero de sentido opuesto a la primera (reacción).

e) La reacción a la fuerza peso de cualquier cuerpo se aplica en el centro de la Tierra, ya que sería la fuerza con que el cuerpo atrae al planeta Tierra.

2.- Supongamos ahora que sacamos rápidamente la mesa, de manera que el libro se cae hacia el suelo:

a) ¿Qué pasará con la cantidad de movimiento $\vec{p}$ el libro?

b) Si el libro tiene una masa de 1Kg y un peso de 9,8N, y demora 0,2s en caer, ¿cuál será su velocidad en el instante previo a tocar el piso?

Solución:

a) Al quitar la mesa, el libro queda sometido solamente a la acción de la fuerza peso $\vec{F}_{T/l}$, que apunta hacia abajo. Por lo tanto y de acuerdo con la Segunda Ley de Newton, que dice que:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

El cuerpo caerá verticalmente hacia el suelo y su cantidad de movimiento $\vec{p}$ irá aumentando a medida que el cuerpo se acerca al suelo.

b) Como queremos averiguar la velocidad final del libro, a punto de chocar contra el suelo, usando otra forma de expresar la Segunda Ley de Newton, en función del significado de la cantidad de movimiento:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

De donde:

$$\Delta \vec{v} = \frac{\vec{F} \cdot \Delta t}{m} = \frac{9,8N \cdot 0,2s}{1Kg} = 1,96m/s$$

(más adelante discutiremos el problema de las unidades), como $\Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$ y los valores de las velocidades son: $v_i = 0$ ya que el libro estaba en reposo sobre la

mesa y $v_f = 1,96 m/s$

Analicemos las unidades:

Dada la ecuación:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Donde la masa m se mide en kilogramos Kg la velocidad en m/s y el tiempo en s , la unidad en que se medirían las fuerzas sería $Kg \cdot m/s^2$

A esa unidad se la llama precisamente Newton y se designa como vimos con la letra N o sea que $1 N = 1 Kg \cdot m/s^2$.

Analiza ahora si están bien las unidades de velocidad determinadas en este ejercicio.

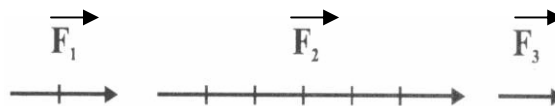
Movimiento en un plano inclinado

Hasta ahora nos hemos referido al movimiento de un automóvil a lo largo de una superficie horizontal o bien al movimiento de una pelota en caída libre. Veremos ahora qué pasa si el automóvil (o cualquier otro cuerpo) se mueve a lo largo de una superficie inclinada. Se trata, al igual que en los casos anteriores, de un movimiento en una sola dirección (rectilíneo), pero debemos realizar algunas consideraciones acerca de las fuerzas que actúan sobre el automóvil.

Operaciones con vectores

Se nos presenta ahora el problema de cómo operar con vectores para resolver situaciones como la del plano inclinado. Analizaremos entonces las operaciones que pueden realizarse con vectores ubicados sobre los ejes, lo que te permitirá comprender mejor las aplicaciones de las Leyes de Newton tal cual han sido formuladas hasta aquí.

Para analizar las operaciones posicionaremos primero tres vectores de distinta longitud que llamaremos $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$.



Observemos que:

$\vec{F}_1$ tiene el doble de longitud que $\vec{F}_3$, o sea que $\vec{F}_1 = 2\vec{F}_3$,

F_2 es 6 veces mayor que F_3 , es decir, $\vec{F}_2 = 6\vec{F}_3$

Y también que F_2 es 3 veces mayor que F_1 , $\vec{F}_2 = 3\vec{F}_1$

Si pensáramos que estos vectores representan fuerzas aplicadas en la misma dirección por tres personas distintas, concluiríamos que la fuerza que hace F_1 es el doble de la que hace F_3 y como las dos están aplicadas en la misma dirección y sentido, resulta que:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 2\vec{F}_3 + \vec{F}_3 = 3\vec{F}_3 \quad \text{y análogamente}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 2\vec{F}_3 + 6\vec{F}_3 = 8\vec{F}_3$$

Con lo cual estamos aceptando que matemáticamente estos vectores (independientemente de lo que signifiquen físicamente) se pueden:

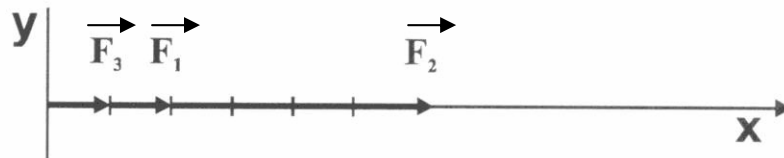
a) multiplicar por un número obteniendo otro vector

$$3\vec{F}_1 = \vec{F}_2$$

b) sumar entre sí dando por resultado otro vector

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 8\vec{F}_3$$

Ubiquemos ahora a estos vectores en el sistema de referencia anteriormente indicado, todos con el mismo origen (todos tiran o empujan desde el mismo punto):



Matemáticamente lo podemos escribir así:

$$\vec{F}_1 = (2;0), \quad \vec{F}_2 = (6;0), \quad \vec{F}_3 = (1;0)$$

Se dice que los vectores están dados por sus componentes, por lo que entonces

si $\vec{F}_1 = 2\vec{F}_3$ significa que $(2;0) = 2 \cdot (1;0)$ y también

si $\vec{F}_2 = 6\vec{F}_3$ significa que $(6;0) = 6 \cdot (1;0)$ y

$\vec{F}_2 = 3\vec{F}_1$ significa que $(6;0) = 3 \cdot (2;0)$

Quiere decir que si un vector está dado por sus componentes, multiplicarlo por un número significa multiplicar cada componente por ese número.

¿Y la suma por componentes, cómo será? Veamos el ejemplo anterior:

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 8\vec{F}_3$, que escrito según sus componentes será

$(2;0) + (6;0) = 8 \cdot (1;0)$ o lo que es lo mismo que

$(2;0) + (6;0) = (8;0)$ lo cual muestra que la suma se realiza componente a componente

$(2 + 6;0) = (8;0)$

¿Y si un vector tira para el lado opuesto, como ocurre en Física con la fuerza de rozamiento? Entonces el extremo del vector estará para el otro lado.

Por ejemplo: $\vec{F}_4 = (-2;0)$



Si hay que hacer alguna operación con este vector, se debe respetar el signo. Por ejemplo:

$$\vec{F}_2 + \vec{F}_4 = (6;0) + (-2;0) = (6-2;0) = (4;0)$$

Vectores en el plano

El caso del automóvil o de cualquier bloque que se deslice por un plano inclinado nos plantea el caso de trabajar con vectores que no están ubicados sobre una misma recta de acción. Es decir, no tienen la misma dirección. ¿Cómo se trabajará en estos casos? ¿Podremos sumarlos, restarlos o multiplicarlos por un número?

Supongamos que tenemos los vectores:

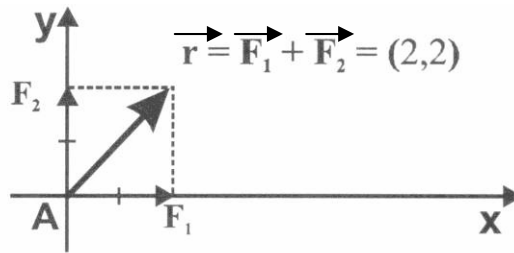
$$\vec{F}_1 = (2;0) \text{ y } \vec{F}_2 = (0;2)$$

El resultado de $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ¿será otro vector?, ¿qué dirección y sentido tendrá?, ¿y su módulo?, ¿cómo se calcula?

Respetando lo que hemos visto hasta ahora, tendremos:

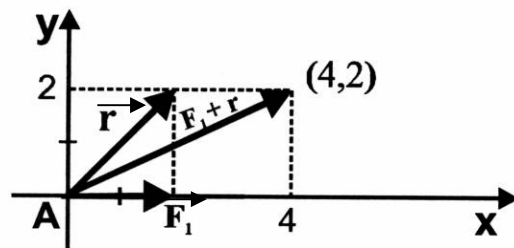
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (2;0) + (0;2) \text{ y sumando componente a componente se tendrá: } \vec{r} = (2;2)$$

Gráficamente será:



Colocar bien los nombres de las fuerzas, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{r}$.

¿Y si ahora sumamos $\vec{F}_1 + \vec{r}$? Será $\vec{F}_1 + \vec{r} = (2;0) + (2;2) = (4;2)$ y gráficamente:



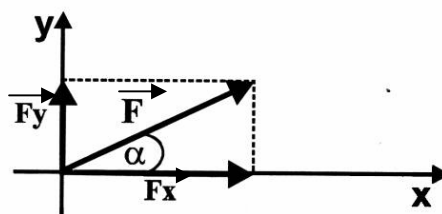
Es fácil ver que la suma de dos vectores es igual al vector que forma la diagonal del paralelogramo que tiene por lado a los vectores sumandos. Además hemos demostrado que la suma de vectores es asociativa, pues: $\vec{F}_1 + \vec{r} = \vec{F}_1 + (\vec{F}_1 + \vec{F}_2)$

Descomposición de un vector

Deteniéndonos en la construcción geométrica del paralelogramo, nos damos cuenta de que existen infinitos paralelogramos que tienen la misma diagonal, pero un único paralelogramo cuyos lados sean paralelos a los ejes coordenados. Es decir, un único par de vectores en la dirección de los ejes y cuya suma sea la diagonal. Estos vectores se pueden obtener de la operación analítica de la suma, puesto que el vector $(4;2)$ es igual a la suma de los $(4;0)$ y $(0;2)$
 $(4;2) = (4;0) + (0;2)$

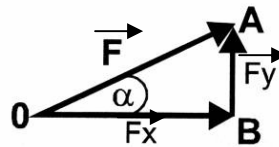
Fijémonos ahora en el caso general de un vector $\vec{F}$, del que conocemos su módulo y su inclinación α con respecto al eje de las abscisas. Este vector tendrá un único par de componentes en el sentido de los ejes x e y, que denotaremos $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$. O sea que

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = (x;0) + (0;y) = (x;y)$$



¿Qué relación existirá entre todos estos vectores y la dirección del vector $\vec{F}$?
Veamos cómo anda nuestra matemática y más concretamente nuestros conocimientos de trigonometría.

Los vectores $\vec{F}_x$, $\vec{F}_y$ y $\vec{F}$ forman un triángulo rectángulo que denominaremos OBA, con un ángulo recto en B.



Por aplicación del Teorema de Pitágoras, las longitudes de los vectores (sus módulos) cumplen con la siguiente relación:

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2$$

Como la longitud de $F_x = x$ y la longitud de $F_y = y$, nos queda

$$F^2 = x^2 + y^2$$

con lo que concluimos que:

“En un sistema cartesiano ortogonal, el cuadrado de la longitud de un vector es igual a la suma de los cuadrados de sus componentes”.

Ejemplo:

Si $\vec{F} = (3;4)$, entonces $F^2 = 9 + 16 = 25$ entonces $F = \sqrt{25} = 5$

Volviendo a nuestro triángulo OBA formado por los vectores $\vec{F}$, $\vec{F}_x$ y $\vec{F}_y$ podemos, haciendo uso de nuestros conocimientos de trigonometría, encontrar otras relaciones. Por ejemplo:

$$F_x = F \cos \alpha \quad \text{y} \quad F_y = F \sin \alpha$$

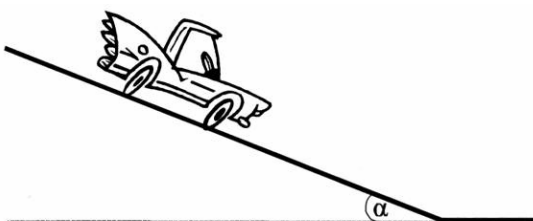
Estas fórmulas, que son escalares, es decir números, relacionan las longitudes de los vectores con el ángulo que forma el vector $\vec{F}$ con su componente $\vec{F}_x$ (relación que utilizamos, por ejemplo, para trabajar con las componentes del peso $F_{T/c}$ de un cuerpo en el caso del movimiento por un plano inclinado). Si ahora dividimos las componentes del vector $\vec{F}$, se tendrá una relación para encontrar el ángulo α :

$$\frac{F_y}{F_x} = \frac{F \sin \alpha}{F \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad \text{de donde} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}.$$

Lo visto hasta aquí completa la utilización que requieren de la matemática los conceptos físicos que se abordan en este módulo. Pero la interrelación entre la matemática y la física seguirá estableciéndose de manera continua durante toda tu carrera de Ingeniería. Si ya leíste la lectura complementaria “Naturaleza y Matemática” y estás interesado en el tema, te sugerimos leer también “La naturaleza de la ciencia.

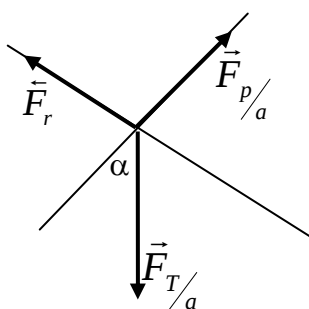
El automóvil sobre el plano inclinado

Una vez analizado el manejo matemático de los vectores. Volvamos al problema del automóvil deslizando por una pendiente.



Sería interesante que, en principio, dibujaras vos mismo las fuerzas que actúan sobre el automóvil cuando el conductor lo deja rodar por la cuesta en punto muerto, o sea que hagas el diagrama de cuerpo libre del automóvil. Es decir, sin que el motor esté en marcha.

Una vez que hayas dibujado las fuerzas (No las borres ni las corrijas) fijate en el próximo dibujo, las fuerzas que nosotros, los autores del módulo, hemos tenido en cuenta:



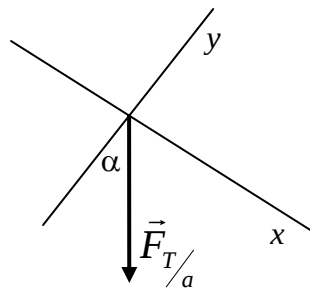
Como podrás ver, la fuerza $\vec{F}_{T/a}$ es el peso del automóvil que –como es ejercida por la Tierra sobre el cuerpo- siempre es vertical, con sentido hacia el centro de la Tierra. Una vez establecida la fuerza $\vec{F}_{T/a}$ como el peso del automóvil, aparece la fuerza normal $\vec{F}_{p/a}$ que es la fuerza perpendicular del plano inclinado sobre el automóvil. Al mismo tiempo, la fuerza de roce $\vec{F}_r$ se opone al desplazamiento.

La pregunta de rigor, en este punto, es ¿por qué el automóvil se deslizará (o sus ruedas rodarán) hacia abajo por el plano inclinado, si no hay ninguna fuerza que apunte hacia abajo con la misma inclinación que la superficie del plano. La única

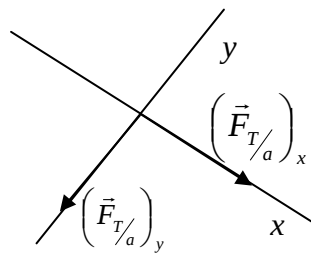
fuerza que aparentemente tiene sentido hacia abajo es el peso $\vec{F}_{T/a}$, pero no es paralela al plano. Veremos a continuación que si bien el vector $\vec{F}_{T/a}$ apunta hacia abajo, en parte hace sentir sus efectos sobre el cuerpo en cuestión (en este caso, el automóvil), en el sentido del movimiento.

Como el cuerpo se desplaza hacia abajo con movimiento acelerado –cuanto más abajo esté más rápido se moverá– debe haber una fuerza externa neta en la dirección del plano inclinado y sentido descendente.

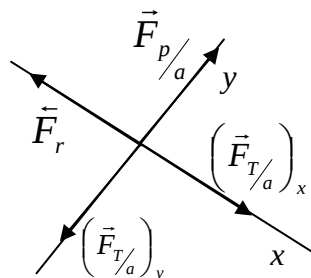
Para determinar la magnitud de esa fuerza neta es necesario descomponer primero matemáticamente a la fuerza peso $\vec{F}_{T/a}$ en sus componentes paralela y perpendicular al plano inclinado. Tomaremos para ello un sistema de coordenadas con uno de sus ejes (x) paralelo al plano, como se muestra en la figura:



El vector peso $\vec{F}_{T/a}$, puede ser reemplazado por sus componentes en los ejes x e y , como analizamos en el apartado de operaciones con vectores.



Entonces, si hacemos el diagrama de cuerpo aislado del automóvil, que es el cuerpo cuyo movimiento se quiere estudiar, el sistema de fuerzas que actúa sobre el cuerpo queda así



Aplicaremos aquí la Segunda Ley de Newton, según la expresión

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \text{que es equivalente a} \quad \Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

El símbolo Σ indica la suma de todas las fuerzas, y como la fuerza es un vector, vimos que puede tener componentes sobre los ejes cartesianos ortogonales, entonces habrá que hacer esa suma de fuerzas sobre ambos ejes, x e y.

Como se ve en la figura, analizando el eje y,

$$F_{p/a} = \left(F_{T/a} \right)_y \quad \text{o sea que} \quad \vec{F}_{p/a} + \left(\vec{F}_{T/a} \right)_y = 0$$

lo que se entiende perfectamente ya que la velocidad del cuerpo sólo varía a lo largo del plano y no sobre o por debajo de él.

En el eje x, entonces:

$$\left(F_{T/a} \right)_x > F_r \quad \text{o sea que} \quad \left(\vec{F}_{T/a} \right)_x + \vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$$

El módulo del vector resultante será igual a

$$\left(F_{T/a} \right)_x - F_r = m \cdot a$$

De manera que el módulo de la fuerza externa neta que hace “caer” al cuerpo por el plano inclinado es igual a la diferencia entre la componente en x del peso del cuerpo y la fuerza de rozamiento. Si conocemos ese valor, podemos calcular además con qué aceleración se desplazará el cuerpo hacia abajo.

Si realmente quisiéramos calcular el valor de esa fuerza neta y el de la aceleración, debemos tener en cuenta que

$$\left(F_{T/a} \right)_x = F_{T/a} \cdot \text{sen} \alpha$$

El módulo de la fuerza neta $(F_{ext})_x$ (o bien la $\Sigma F_{ext\,x}$) quedaría entonces

$$(F_{ext})_x = \left(F_{T/a} \right)_x - F_r = F_{T/a} \cdot \text{sen} \alpha - F_r$$

Algunas recomendaciones para la resolución de problemas

El siguiente paso en este curso es comenzar a resolver problemas sobre el movimiento de los cuerpos, un asunto que debes tomar con toda la seriedad, por cuanto la realización de actividades en Física está casi siempre relacionada con la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas: a veces, en forma cualitativa, y otras haciendo cuentas (cálculos matemáticos) para llegar a un resultado numérico. Los siguientes consejos pueden servirte siempre y cuando, claro está, tengas los conocimientos básicos que se necesitan para ponerlos en práctica. En nuestro caso, debes conocer las leyes de Newton y saber aplicarlas a distintos sistemas físicos que deberás identificar en cada problema.

Entender el enunciado: Aunque parezca obvio, este es un asunto de suma importancia, ya que si no entiendes el enunciado difícilmente podrás llegar a la solución. Salvo, claro está, que tengas suerte y que nosotros –u otros profesores- no nos demos cuenta. Lo peor que te puede pasar es quedarte paralizado luego de leer el enunciado. La respuesta no te caerá del cielo. Tampoco debes aplicar cualquier ecuación en donde aparezca la variable que se te pregunta, ni seguir estrictamente los pasos de un problema hecho en clase, porque en general los problemas de los exámenes no serán iguales a aquellos. Siempre es conveniente leer dos o tres veces el enunciado, completa y lentamente, para ubicarte sobre qué trata el problema. Y después trata de explicártelo a vos mismo, con tus propias palabras, o bien hacerlo con algún compañero (en situación de examen no podrás hacerlo, obviamente).

Evaluar si hay información irrelevante: Suele pasar que en el enunciado de un problema haya datos que no sean necesarios para resolver la situación planteada. Discriminar la información importante de la irrelevante constituye una capacidad esencial que es necesario desarrollar en cualquier disciplina, no sólo en ciencias.

Hacer un esquema o dibujo: Un buen dibujo, un gráfico o cualquier esquema que te permita apreciar la situación descripta, es de gran ayuda. Esto te permitirá definir cuál es el cuerpo o cuerpos que forman parte del sistema que te interesa analizar.

Diagrama de fuerzas: Una vez identificado el sistema o cuerpo cuyo movimiento se quiere estudiar, es muy importante hacer un buen diagrama de fuerzas –de los denominados diagrama de cuerpo aislado o de cuerpo libre-, teniendo la precaución de no inventar fuerzas (ni omitirlas tampoco) y eligiendo un sistema de referencia adecuado. Para ello hay que fijarse bien en el entorno para ver qué otros cuerpos ejercen fuerzas sobre el que a nosotros nos interesa. Si no hay quién o qué interactúe sobre el cuerpo en cuestión, no puede haber una fuerza.

En caso de trabajar con dos cuerpos, hay que hacer un diagrama para cada uno de ellos (no es conveniente superponerlos) fijándose si hay pares de acción y reacción entre ellos. ¡Ojo! ¡Nunca puede haber un par de acción y reacción aplicado sobre un mismo cuerpo!

Anotar todos los datos: Este paso se suele hacer antes o al mismo tiempo que el esquema y el diagrama de fuerzas; da igual. Lo importante es no avanzar hasta anotar todos los datos que aparecen en el problema –y otros que pudieran hacernos falta, como la aceleración de la gravedad, por ejemplo– y la o las incógnitas que

debemos encontrar. Aquí aparecerán seguramente aceleraciones, velocidades o desplazamientos que puede ser necesario colocar en el esquema o en el diagrama de cuerpo aislado. Estos parámetros vectoriales deben indicarse al costado, abajo o arriba del punto que representa el cuerpo, no colocar los vectores aplicados sobre éste para no confundirlos con fuerzas.

Verificar las unidades: En el caso de problemas que requieren de una resolución matemática, hay que asegurarse de convertir las unidades de las cantidades físicas presentes en el problema en unidades básicas del SI. Hay que evaluar si se requiere más información, como ser buscar factores de conversión para diversas unidades, valores de constantes o datos de tablas, que puedes hallar en cualquier texto de Física.

Ecuaciones: Llegado el momento de escribir una ecuación, generalmente se debe comenzar con plantear la segunda ley de Newton ($\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$). Y si no hay aceleración nos queda $\Sigma \vec{F} = 0$ que también es una relación importante para trabajar con sistemas de fuerzas. Aquí puede ser necesario descomponer las fuerzas sobre los ejes coordenados para analizar la influencia de cada componente en el estado de movimiento del cuerpo (cuáles se equilibran y cuáles no). Si has encontrado las componentes de una fuerza en los ejes x e y, debes anular la fuerza. Ahora, las que actúan son sus componentes.

Una vez establecido el sistema de fuerzas actuantes se aplica la segunda ley de Newton en cada componente y se buscan las incógnitas pedidas, que bien puede ser alguna de las fuerzas o la aceleración, la velocidad o el desplazamiento, por ejemplo.

En caso de que el problema requiera cálculos numéricos, recién en esta instancia conviene cambiar las letras de cada variable por su correspondiente valor seguido de la unidad de medida.

Expresión de resultados: Conviene redondear el resultado en la cantidad de cifras significativas que le den valor real. Y para facilitar una valoración rápida de los resultados hay que utilizar la notación científica siempre que sea posible, es decir resolver los cálculos usando potencias de 10.

Análisis de resultados: Un detalle al que no siempre se le da la importancia que tiene, es el análisis de los resultados obtenidos. Sin embargo, prestar atención a la respuesta brindada puede servir para corroborar si está correcta. Hay que fijarse fundamentalmente si la magnitud obtenida (en caso de calcularla) es razonable. Una persona no puede caminar a más de 4 a 5 kilómetros por hora, un cuerpo no puede precipitarse en caída libre con una aceleración mayor a la de la gravedad, etcétera.

Las unidades son fundamentales, ya que –además de llegar al resultado correcto en cuando a las dimensiones de la variable calculada- permiten corroborar si se despejó bien la incógnita. Se debe verificar que las unidades resultantes a ambos lados de la ecuación, (es decir, en ambos miembros) sean las mismas. Los resultados numéricos deben ir siempre acompañados por las unidades que correspondan, el valor numérico por sí solo no tiene sentido en una materia como Física.

Un ejemplo para practicar

Vamos a analizar ahora un problema a fin de poner en prácticas los consejos mencionados. Veamos entonces un problema - ejemplo:

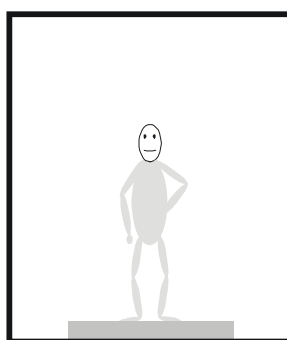
“Una persona que está haciendo régimen para bajar de peso, decide pesarse colocando una balanza hogareña encima de un ascensor. ¿Cómo tendrá que moverse el ascensor para que la persona “pese” menos: a) Subir con velocidad constante. b) Subir aceleradamente. c) Bajar a velocidad constante. d) Bajar aceleradamente. e) Bajar frenando. Explica tu elección”.

Aclaremos de entrada que no es un problema sencillo y que requerirá de mucha atención de nuestra parte. En primer lugar, **leamos nuevamente y con atención el enunciado**. “Una persona que está haciendo régimen para bajar de peso, decide pesarse colocando una balanza hogareña encima de un ascensor. ¿Cómo tendrá que moverse el ascensor para que la persona “pese” menos: a) Subir con velocidad constante. b) Subir aceleradamente. c) Bajar a velocidad constante. d) Bajar aceleradamente. e) Bajar frenando. Explica tu elección”.

¿Lo leíste?

A ver si lo entendiste bien. *Expliquémoslo con nuestras propias palabras*. No sé vos, pero yo entendí que dentro de un ascensor hay una balanza (debe ser de esas chatitas, en las que uno se para arriba para pesarse) y hay que decidir en cuál de las opciones –de la a) a la e)– la persona creerá pesar menos (Vos y yo sabemos que el tipo está esperando verse mejor, pero que leerá un peso que no es real. ¿Pobre, no?).

Siempre se sugiere *hacer un dibujo o esquema* que refleje la situación. ¿Cómo sería en este caso? Tenemos un ascensor, una balanza y una persona arriba de la balanza. Yo lo dibujaría así:



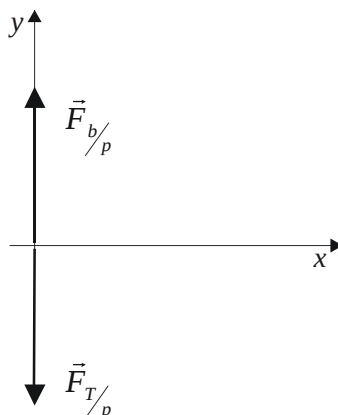
¿Qué te pareció mi dibujito? No te rías. Por lo menos se entiende la situación. ¿O no? Quisiera ver el tuyo a ver si está mejor.

Ahora debemos decidir *cuál o cuáles de esos cuerpos (ascensor, balanza y persona) constituyen el sistema que a mí me interesa* para resolver el problema. Para interpretarlo, pensemos un poco. ¿Dónde se fijará la persona cuánto pesa? En la balanza, por supuesto. Pero la balanza “leerá” el peso aparente de la persona, por lo que todo dependerá de qué fuerza haga la persona sobre la balanza. ¿Está claro?

Te lo digo de otra manera: la aguja de la balanza (o la lectura en números, si es digital) me dará la fuerza que la persona ejerza sobre la balanza, que sería –en definitiva– la reacción de la fuerza que la balanza haga sobre la persona (principio de acción y reacción). ¿Se entiende mejor ahora?

Veamos si el *diagrama de las fuerzas* que actúan sobre la persona nos sirve para verlo mejor.

Este es el famoso *diagrama de cuerpo aislado* o *diagrama de cuerpo libre* sobre el que tanto te insistimos. ¿Estás de acuerdo con él?



Sobre la persona actúan el peso $\vec{F}_{T/p}$ o sea la fuerza con la que la Tierra atrae a la persona para abajo y la fuerza que sobre la persona ejerce la balanza $\vec{F}_{b/p}$. La lectura de la balanza será entonces $\vec{F}_{p/b}$, que es la reacción a $\vec{F}_{b/p}$. Para resolver nuestro problema bastará entonces con que encontremos el módulo de $\vec{F}_{b/p}$ en todos los casos planteados y *la respuesta adecuada será el caso en que $\vec{F}_{b/p}$ sea menor que $\vec{F}_{T/p}$* . Nuestro sistema de referencia indica que el eje y es positivo hacia arriba.

Si aplicamos ahora la *ecuación de la segunda ley de Newton* a la situación propuesta, nos queda:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \dots\dots\dots \vec{F}_{b/p} + \vec{F}_{T/p} = m \cdot \vec{a}$$

Y si sacamos el carácter vectorial a la anterior: $F_{b/p} - F_{T/p} = m \cdot a$

Ecuación que nos permite descartar los incisos a) y c), ya que si sube o baja con velocidad constante, $a = 0$.

$$F_{b/p} - F_{T/p} = 0 \quad \text{y} \quad F_{b/p} = F_{T/p}$$

que no es el resultado buscado.

Veamos qué pasa en el inciso b), cuando el ascensor sube aceleradamente:

$$F_{b/p} - F_{T/p} = m \cdot a$$

Y despejando $F_{b/p}$

$$F_{b/p} = F_{T/p} + m \cdot a$$

Con lo que la persona parecerá tener un peso mayor al real, que tampoco es la respuesta buscada.

Analicemos entonces el inciso d), cuando el ascensor baja aceleradamente. Como la aceleración tiene sentido hacia abajo (significa que es negativa según el sistema de referencia que hemos elegido), entonces la ecuación nos queda:

$$F_{b/p} - F_{T/p} = m \cdot (-a)$$

Y si despejamos $F_{b/p}$

$$F_{b/p} = F_{T/p} - m \cdot a$$

Con lo que la persona parecerá pesar menos, que es *la respuesta que queríamos encontrar*.

Si quieres puedes verificar que en el inciso e) el ascensor baja pero frenando, o sea acelerando hacia arriba (aceleración positiva), lo que nos lleva a decir que estamos en el mismo caso que en el inciso b).

En definitiva, este problema nos sirve para ver que el peso aparente no depende de si el ascensor sube o baja, sino del sentido que tenga la aceleración (es decir, del signo). Si la aceleración es positiva (coincidiendo con el vector $F_{b/p}$), el peso aparente será mayor. Si es negativa, entonces lo que “pesará” la persona será menor.

Es interesante destacar algo que no siempre queda claro, que la aceleración sea negativa no quiere decir que se vaya frenando. Como vimos en el ejemplo anterior, si bien el ascensor estaba acelerando, la aceleración era negativa. El signo de la aceleración depende del sistema de referencia elegido. Esto es muy importante y deberás tenerlo en cuenta.

Actividades sobre las leyes del movimiento

1.- Sigamos con el caso del banco que tienes que empujar en tu clase. Dibuja nuevamente las fuerzas que actúan sobre el banco indicando:

a) Para empezar a moverlo: ¿Qué fuerza es mayor, la que tienes que aplicar o la de rozamiento?

b) ¿Qué pasa cuando el banco se está moviendo? ¿Tu fuerza es mayor, menor o igual a la de rozamiento? ¿Puede qué, dependiendo del momento, se vayan cumpliendo esas condiciones? Justifica en todos los casos.

2.- Analiza ahora qué fuerzas actúan sobre vos cuando estás empujando el banco. Piensa primero en el caso en que empiezas a mover el banco y después analiza las otras opciones.

3.- Fíjate en todas las fuerzas analizadas en las dos actividades anteriores. ¿Encuentras algún par de acción y reacción entre ellas?

4.- Piensa en el ejemplo del automóvil que se quedó sin nafta, como vimos en los contenidos de esta Unidad Temática.

a) ¿De qué depende que comience a moverse, que luego se mueva más rápido, o más lento, o que cambie la dirección de su movimiento?

b) ¿Qué pasa si, por ejemplo, el automóvil tiene una masa de 500kg y entre éste y el suelo hay una fuerza de rozamiento de 3.000N , y tú y tus amigos pueden aplicarle una fuerza máxima de 5.000N ? ¿Se moverá el automóvil? ¿Qué puedes decirnos acerca del tipo de movimiento que tendrá?

5.- Jorge opina que es muy difícil lograr que un cuerpo de masa grande se mueva a gran velocidad. Ángel, en cambio, afirma que la velocidad no es lo importante. Lo difícil es cambiar la velocidad de un cuerpo de masa grande. David, a su vez, considera que si un cuerpo tiene mucha inercia, entonces se detendrá rápidamente cuando deje de actuar la fuerza que lo está moviendo.

Analiza cada una de las afirmaciones anteriores e indica cuál de ellas es verdadera o cual es falsa. Si es falsa, explica dónde está el error.

6.- Muchas personas que viajan en automóvil han sufrido lesiones en el cuello en accidentes cuando otro automóvil los choca por detrás. ¿Cómo ayuda el apoya cabezas en estos casos? Explica tu respuesta.

7.- ¿Cuál es la mejor manera de separar una revista de la parte inferior de una pila de revistas sin quitar las de arriba? Explica.

8.- ¿Hay fuerzas actuando sobre los siguientes objetos? Si tu respuesta es afirmativa, confecciona una lista de esas fuerzas.

a) El orbitador espacial en órbita alrededor de la Tierra.

b) Un patinador en trayectoria libre sobre la pista de hielo.

c) Una nave espacial más allá de la órbita del planeta Plutón.

d) Un libro en reposo sobre una mesa.

e) De acuerdo con la tercera Ley de Newton ¿podrías analizar cuáles son las reacciones a esas fuerzas?

9.- Si un avión a reacción de cuatro motores se acelera a $2m/s^2$ y uno de los motores falla, ¿qué aceleración producirán los otros tres motores?

10.- Un bloque de masa M se desliza por un plano inclinado. Para facilitar el análisis de su movimiento vamos a suponer que no hay rozamiento entre el bloque y el plano.

a) ¿Qué fuerzas actúan sobre el bloque? Deberás hacer un DCL del mismo.

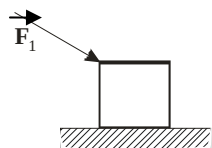
b) ¿Cuál es la razón, en términos de fuerzas, que te permiten explicar que el bloque se deslice hacia abajo por el plano?

c) Si inicialmente el cuerpo está en reposo ¿cuánto vale su cantidad de movimiento $\vec{p}$ en ese instante?

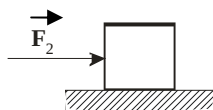
d) ¿Cambiará su cantidad de movimiento $\vec{p}$ (módulo dirección y sentido) luego de deslizarse durante un cierto tiempo?

e) ¿Qué pasará con la cantidad de movimiento si después de llegar al final del plano inclinado el bloque ingresa en una superficie horizontal sin rozamiento?: ¿se detendrá en algún momento? ¿la cantidad de movimiento en el piso será la misma que un instante antes de salir del plano inclinado? Explica tus respuestas.

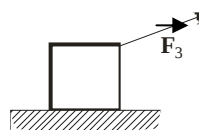
11.- Un operario trata de empujar una caja con una fuerza $\vec{F}_1$ sobre un plano horizontal, como se muestra en la figura en la situación (a) y no logra ponerla en movimiento. Intuitivamente se agacha y le aplica una fuerza $\vec{F}_2$ que tiene igual magnitud que $\vec{F}_1$, como se ve en la situación (b), y logra así sacarla del reposo. Explica por qué ocurre esto. Si se le aplicara una fuerza $\vec{F}_3$ (de igual módulo que $\vec{F}_1$) pero con la dirección que se ve en la figura (c), ¿logrará moverla?, ¿puedes dar una explicación a esta situación?



(a)



(b)



(c)

12.- Un bloque de $100N$ al que se aplica una fuerza $\vec{F}$ paralela al plano, es arrastrado hacia arriba a lo largo de un plano inclinado con un ángulo de 30° con una velocidad constante, como se muestra en la figura. No hay rozamiento entre el plano inclinado y el bloque. Entre las siguientes afirmaciones, señala cuáles son las correctas y cuáles las falsas y justifica en cada caso:

- a) El bloque ejerce sobre el plano una fuerza igual a $100N$.
- b) La componente de la fuerza de atracción de la Tierra (peso) que hace que el bloque descienda es $50N$.
- c) La resultante de las fuerzas que actúan sobre el bloque es nula.
- d) El valor de la fuerza $\mathbf{F}$ que la persona está ejerciendo sobre el bloque es mayor a $50N$.
- e) La reacción a la fuerza que el plano ejerce sobre el bloque es nula pues no hay rozamiento entre ellos.

13.- Manuel empuja un bloque de $15kg$ hacia arriba por un plano inclinado de 30° , aplicándole una fuerza de $300N$. a) ¿Cuánto vale la fuerza de rozamiento justo cuando comienza a moverse? b) ¿Cuál es el valor de la aceleración con la que sube, si la fuerza de rozamiento cinética es $95N$?

14.- Una persona que tiene un peso de $1200N$ está haciendo régimen para bajar de peso y decide pesarse colocando una balanza hogareña encima de un ascensor. ¿Cómo tendrá que moverse el ascensor para que la persona “pese” menos?:

- a) Subir con una velocidad constante de $20km/h$.
- b) Subir con una aceleración de $2m/s^2$.
- c) Bajar a una velocidad constante $20m/s$.
- d) Bajar aceleradamente a razón de $2m/s^2$.
- e) Bajar frenando con una aceleración de $2m/s^2$.

Fundamenta tu elección. ¿Cuánto “pesará” en el mejor de los casos?

15.- ¿Por qué no se puede mover un auto empujando el volante desde adentro?

5. ¿Por qué se caen los cuerpos? Peso y cantidad de movimiento.

Conociendo ya las leyes del movimiento, resulta interesante analizar cómo se puede calcular el peso de un cuerpo, a partir de la relación entre la fuerza neta y la variación de la cantidad de movimiento.

Vimos en los ejemplos de aplicación de las leyes del movimiento que la relación

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Podría escribirse también

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Donde $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ es una relación que seguramente habrás visto ya en tus clases de Física y que determina la aceleración $\vec{a}$ que tiene un cuerpo. Esto es, la variación que sufre su velocidad por unidad de tiempo, magnitud que también es un vector y por eso lo escribimos en negrita.

Así, la Segunda Ley de Newton nos queda:

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

Expresión usada en prácticamente todos los libros de texto, en reemplazo de la original utilizada por Isaac Newton donde empleó la variación de la cantidad de movimiento. Esto ocurrió porque el concepto de aceleración tuvo un desarrollo histórico-matemático posterior al enunciado de sus leyes por parte de Newton.

Si en esta última expresión de la Segunda Ley consideramos que el peso $\vec{F}_{T/c}$ es una fuerza que si se aplica sobre un cuerpo libre le imprimirá una aceleración, nos queda:

$$\vec{F}_{T/c} = m \cdot \vec{g}$$

Donde hemos usado $\vec{g}$ para simbolizar al **campo gravitatorio** (más adelante veremos que esta $\vec{g}$ corresponde a una aceleración denominada *aceleración de la gravedad*, que es la aceleración con que la Tierra atrae a los cuerpos).

Como dijimos al analizar los tipos de fuerzas, el peso es un vector que siempre es vertical, y que apunta hacia el centro de la Tierra. La misma dirección y sentido tendrán entonces el campo gravitatorio y la aceleración de la gravedad $\vec{g}$, que es variable, pero que para nuestros cálculos, podemos considerar prácticamente

constante en lugares cercanos a la superficie de la Tierra y que tiene un valor de $9,81m/s^2$.

En realidad, la variación del valor de $\vec{g}$ es el efecto combinado de dos factores. Por un lado, influyen las distancias al centro de la Tierra, disminuye su valor a medida que nos alejamos de él. Ya que la Tierra no es una esfera perfecta, sino que está achatada en los polos, el valor de $\vec{g}$ es mayor en ellos; por la misma causa en la cima del Everest, es menor el valor del campo gravitatorio. Vemos que este efecto hace que $\vec{g}$ varíe con la altitud. Por otra parte el valor de $\vec{g}$ es afectado por la rotación de la Tierra alrededor de su eje. Este efecto hace que $\vec{g}$ se modifique con la latitud, provocando una disminución de su valor en el Ecuador.

La expresión $\vec{F}_{T/c} = m \cdot \vec{g}$ nos permite también diferenciar la masa de un cuerpo de su peso. El peso, es la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo y si bien está relacionado directamente con su masa, porque se calcula como el producto de ésta por el campo gravitatorio, se mide en newtons.

Debemos establecer algunas diferencias entre masa y peso. Por ejemplo: la masa es una magnitud escalar, mientras que el peso es una magnitud vectorial. Y se miden con diferentes instrumentos, la masa se mide con una balanza, la fuerza con un dinamómetro. Otra cosa importante es que mientras la masa es constante el peso puede variar dependiendo del lugar en el que se mide, pues depende del valor de g , como se vio anteriormente.

Ejemplo: Un cuerpo que tenga una masa de $1kg$ tendrá un peso igual a

$$F_{T/c} = m \cdot g = 1kg \cdot 9,81m/s^2 = 9,81N$$

Donde m se conoce como “**masa gravitatoria**” o simplemente “masa de un cuerpo”, le damos ese nombre a la capacidad que tiene ese cuerpo para ser atraído gravitatoriamente por otro cuerpo. Si la masa es grande será atraída por la Tierra con una fuerza más grande. Por otro lado, vemos que el peso también depende de la intensidad del campo gravitatorio; en Júpiter, éste es más intenso que en la Tierra, por lo que el cuerpo tendrá mayor peso. Al revés de lo que ocurre en Marte o en Mercurio, donde el valor de $\vec{g}$ es menor.

El peso, definido como la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo, es -lo dijimos ya- un ejemplo de interacción a distancia, al menos en la forma en que lo planteó Newton.

Concepto de campo gravitatorio

Ese campo gravitatorio es ejercido en realidad por todos los cuerpos a su alrededor. Pero como los objetos con que nos manejamos son tan chicos con respecto a la Tierra, cuando dejamos libre un objeto dentro del campo gravitatorio terrestre, pareciera que vemos solamente el efecto que ese campo produce sobre uno solo de

los cuerpos. No percibimos, obviamente, ni la fuerza ni la aceleración que adquiere la Tierra por encontrarse dentro del campo gravitatorio del otro objeto.

Fue Galileo quien demostró que todos los cuerpos son atraídos por la Tierra con una aceleración igual a $\vec{g}$, pero luego Newton redondeó su teoría extendiéndola a todos los cuerpos, incluidos los celestes (del espacio). Nació así la Teoría de la Gravitación Universal que permitió, entre otras cosas, dar asidero al Universo de Copérnico, quien se atrevió a destruir el mito geocéntrico y afirmar que la Tierra y los demás planetas conocidos hasta entonces giraban alrededor del Sol.

La Teoría de la Gravitación permite también explicar por qué la Luna gira alrededor de la Tierra sin ser atraído hacia ésta. En realidad, es la fuerza gravitatoria la que hace que la velocidad con que se desplaza la Luna -que tiene siempre la misma magnitud- vaya cambiando su dirección para dar una vuelta a la Tierra cada 24 horas. De esta manera, la Luna "cae" permanentemente hacia la Tierra, pero ese "caer" se manifiesta con el giro alrededor de ésta. Lo que hace la fuerza que la Tierra ejerce sobre la Luna es ir cambiando la dirección del movimiento y de ese modo hace que la trayectoria de la Luna sea "casi" circular (en realidad la curva que describe es una elipse, como lo son las órbitas de los planetas alrededor del Sol).

Volviendo a la superficie terrestre, que es el ámbito donde las personas nos desenvolvemos, y dejamos caer una pelota, tenemos que analizar su movimiento con la Segunda Ley de Newton: $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

Como la aceleración es $\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$, y la única fuerza que está actuando es el peso $\vec{F}_{T/p}$, donde $\vec{F}_{T/p} = m \cdot \vec{g}$, reemplazando en la anterior:

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m} = \frac{\vec{F}_{T/p}}{m} = \frac{m \cdot \vec{g}}{m} = \vec{g}$$

Aunque breve, este resultado dice mucho: por ejemplo que la aceleración con que cae el cuerpo es igual a la intensidad del campo gravitatorio y tiene su dirección. Además esta aceleración es constante siempre que estemos cerca de la superficie terrestre y además la aceleración con que caen los cuerpos es independiente de la masa del cuerpo, conclusión que es muy importante, como veremos más adelante en algunas actividades propuestas. Se conoce a esta aceleración, como "**aceleración de la gravedad**", o aceleración con que la Tierra atrae a los cuerpos.

Ampliaremos ahora el concepto de masa que definimos anteriormente. La masa mide la capacidad de todo cuerpo, no sólo de ser atraído sino también de atraer gravitacionalmente a otro cualquiera. Este efecto se ve especialmente cuando los cuerpos son grandes.

La Segunda Ley de Newton proporciona una nueva interpretación que enriquece considerablemente el concepto de masa. De acuerdo con la Segunda Ley

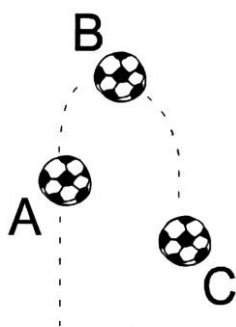
$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Si aplicamos a dos cuerpos la misma fuerza durante el mismo tiempo, la variación de la velocidad depende de la masa del cuerpo. A mayor masa, menor variación de la velocidad. La tendencia a mantener la velocidad es mayor en los cuerpos que tienen mayor masa, que tienden a mantener la velocidad constante. Esta propiedad recibe el nombre de **inercia**.

Es difícil poner en marcha un tren que está detenido o frenarlo si está en marcha (como ya vimos en los primeros temas de este cuadernillo). En cambio resulta fácil cambiar la velocidad de un cuerpo de masa pequeña. Entonces, podemos considerar que la masa es una medida de la inercia de los cuerpos. Este concepto de masa recibe el nombre de "**masa inercial**".

¿Qué pasa con la cantidad de movimiento en caída libre?

Se dice que un cuerpo está en caída libre cuando se lo deja caer desde una cierta altura. Hay una actividad sobre cantidad de movimiento donde se arroja una pelota hacia arriba como muestra la figura.



Nos preguntamos en esa actividad qué pasa con el vector cantidad de movimiento a lo largo del movimiento de subida y bajada, más precisamente en los puntos A, B y C.

Con mayor conocimiento sobre las fuerzas como resultado de una interacción, podríamos preguntarnos ahora en primer lugar qué fuerzas actúan sobre la pelota en los puntos A, B y C. Para responder correctamente deberíamos analizar primero si la pelota interactúa en su movimiento con algún otro cuerpo. No pienses en tu mano, que ya arrojó la pelota hacia arriba, perdiendo contacto con ella.

Como verás, no hay nada más en contacto con la pelota, salvo el aire, claro está, cuyo efecto insistimos en despreciar en todos estos ejemplos. Pero queda el campo gravitatorio terrestre, que como vimos al iniciar este punto sobre el peso de los cuerpos, sí está en interacción permanentemente con todos los cuerpos ubicados sobre la Tierra o a cierta distancia por encima de ella. La fuerza peso $\vec{F}_{T/p}$ es la única que actúa entonces sobre la pelota en todo su movimiento y, por ende, en los puntos A, B y C.

Actividades sobre masa, peso y cantidad de movimiento

1.- Un objeto pesa $15N$ cuando se encuentra en la tierra, donde $g = 9,81m/s^2$.

a) ¿Cuál es su masa?

b) ¿Cómo será la masa del mismo objeto en un planeta en donde el valor de $g = 1,6m/s^2$? ¿Igual, menor o mayor a la de la Tierra? ¿Y su peso?

c) ¿Cuáles serán su masa y su peso en el espacio interplanetario?

2.- Dos bolas de igual tamaño, una de hierro y otra de madera liviana, se dejan caer al piso al mismo tiempo y desde la misma altura. ¿Cuál de ellas llegará primero al piso? ¿De qué depende tu respuesta?

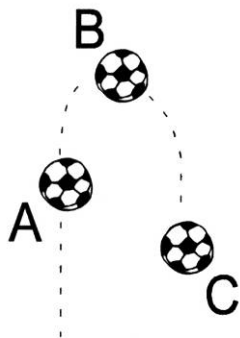
3.- Una hoja y una manzana se dejan caer desde la misma altura y al mismo tiempo. ¿Por qué choca contra el piso la manzana antes que la hoja?

4.- Analiza la lectura complementaria sobre "Las fuerzas fundamentales".

a) ¿Qué puedes decir acerca de las fuerzas gravitatorias? ¿Son mayores, menores o del mismo orden de magnitud que las que se originan, por ejemplo, en un campo electromagnético? ¿Y si las comparas con las fuerzas nucleares fuertes?

b) ¿Qué alcance tiene la fuerza de atracción gravitatoria?

5.- a) Analiza qué pasa con la cantidad de movimiento a lo largo del movimiento de subida y bajada de la pelota (en los puntos A, B y C). ¿Se conserva o no? ¿Por qué?



b) ¿En cuál de los tres puntos será mayor la cantidad de movimiento? ¿Puede valer 0 (cero) en alguno de los puntos? ¿Por qué?

c) ¿Con qué aceleración se está moviendo la pelota en los tres puntos? Dibuja el vector aceleración en cada punto.

d) Si la pelota tiene una masa de $20g$ y se arroja desde A con una velocidad de $40km/h$ ¿cuánto vale su cantidad de movimiento en ese punto?

e) ¿Podrías arriesgar algún valor para la velocidad de la pelota en C?

Actividades integradoras

1.- Un ascensor cuya masa total, incluidos los pasajeros, es de 500kg está sostenido por un cable de acero. La fuerza de roce que actúa sobre el ascensor cuando está en movimiento es de 200N . El ascensor está subiendo con una velocidad constante de $1,5\text{m/s}$.

a) De acuerdo con la Primera Ley de Newton, ¿cuánto es la fuerza neta que actúa sobre el ascensor?

b) Dibuja un diagrama de cuerpo libre del ascensor, representando en él todas las fuerzas que actúan sobre el ascensor.

c) Determina cuanto vale cada una de estas fuerzas.

d) Qué modificaciones habría que efectuar a las respuestas de los ítems a), b) y c) si ahora el ascensor baja con velocidad constante.

e) ¿Qué pasaría con las respuestas a los ítems a), b) y c) si el ascensor sube frenando a razón de $1,2\text{m/s}^2$?

f) ¿Qué pasa si se corta el cable? Responder los ítems a), b) y c) para este caso.

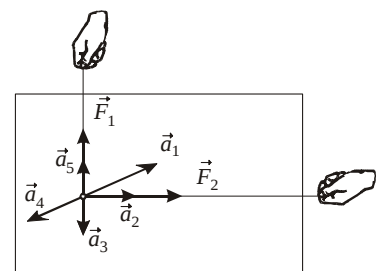
g) Dibuja los vectores cantidad de movimientos en todos los casos anteriores.

2.- Rocío afirma: “La fuerza que ejerce el Sol es la que mantiene a la Tierra en movimiento”. Enrique replica que “la fuerza que ejerce el Sol hace que la Tierra modifique la dirección de su movimiento constantemente”. Por su lado, Analía opina “que los cuerpos se mueven en la dirección de la fuerza que actúa sobre ellos”. ¿Cuál de los tres amigos tiene razón? Justifica en cada uno de los casos.

3.- Un bloque de 12kg se desliza por un plano inclinado sin rozamiento una distancia de 20m por la superficie del plano inclinado 35° . a) ¿Cuál es la razón que permitiría explicar que el cuerpo baje por el plano en términos de fuerzas? b) Si inicialmente el cuerpo está en reposo ¿cuánto vale la cantidad de movimiento en ese instante?, ¿y antes de tocar el piso? c) ¿Qué cantidad de movimiento tiene el bloque en x y cuál en y ? ¿No hará falta especificar quién es x y quién es y ?

4.- Un atleta a cuya masa es 75kg participa de una prueba de salto en largo. En el momento en que se impulsa para saltar, actúa sobre él una fuerza vertical de 4N durante $0,12\text{s}$ a) ¿Qué dirección y valor tendrá la variación de velocidad debido a esta fuerza? b) Si la velocidad horizontal era inicialmente de 12m/s ¿con qué velocidad se estará moviendo inmediatamente después del impulso?

5.- Dos personas tiran de un pequeño objeto sobre una mesa sin rozamiento, ejerciendo sobre él las fuerzas $\vec{F}_1$ y $\vec{F}_2$ (según se muestra en la figura). ¿Cuál de los



vectores que se ven, representa mejor la aceleración adquirida por el objeto?

6.- Se deja caer desde cierta altura una pequeña piedra de $0,08\text{kg}$ la que demora $1,3\text{s}$ en llegar al suelo. Se considera despreciable el rozamiento con el aire, calcula: a) la fuerza resultante que actúa sobre la piedra durante la caída. b) La velocidad con que llega al suelo. c) La cantidad de movimiento que tiene al llegar al suelo. Si el impacto con el suelo dura $0,001\text{s}$, d) determina la fuerza neta que actúa sobre la piedra en el momento del choque. e) ¿Cuántas veces mayor es esta fuerza con respecto al peso de la piedra?

7.- Una fuerza de 12N empuja horizontalmente el conjunto de los tres bloques de la figura sobre una superficie sin rozamiento. Las masas de los carritos son $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$ y $m_3 = 3\text{kg}$. a) ¿Cuál es la aceleración del conjunto? b) ¿Cuáles son las fuerzas que actúan sobre el bloque de masa m_1 y cual es la fuerza neta que actúa sobre él? c) ¿Cuál es la fuerza que ejerce el bloque m_3 sobre el m_2 ?

8.- a) Una pelota de gran masa está suspendida por una cuerda desde arriba, mientras alguien tira lentamente de ella con una cuerda desde abajo. ¿Dónde es mayor la tensión, en la cuerda superior o en la inferior? ¿Cuál de ellas tiene mayor probabilidad de romperse? ¿Qué propiedad es más importante aquí, la masa o el peso? b) Si en vez de tirar de la cuerda inferior con lentitud, se tira de ella con fuerza y repentinamente, ¿cuál de las cuerdas se romperá más fácilmente? ¿Qué propiedad es más importante, la masa o el peso?

9.- Existen tres competidores de un lado y tres del otro, el equipo de la derecha se llama Los Gatos, mientras que el de la izquierda, Los Pumas. En una cinchada, la competencia la ganan Los Gatos. ¿Significa esto que la fuerza que Los Gatos hicieron sobre Los Pumas es mayor que la que éstos hicieron sobre aquellos? Analiza la situación y elabora una explicación.

10.- Se tira con dos caballos un bote que está en el medio de un canal a velocidad constante, como se ve en la figura. Las fuerzas forman un ángulo de 30° con la orilla del canal.

a) Trazá un diagrama de cuerpo aislado del bote. b) Si la fuerza que ejerce cada cuerda sobre su caballo es 2000N ¿cuál es la fuerza de rozamiento del bote con el agua? c) ¿Qué cantidad de movimiento tiene el bote?

