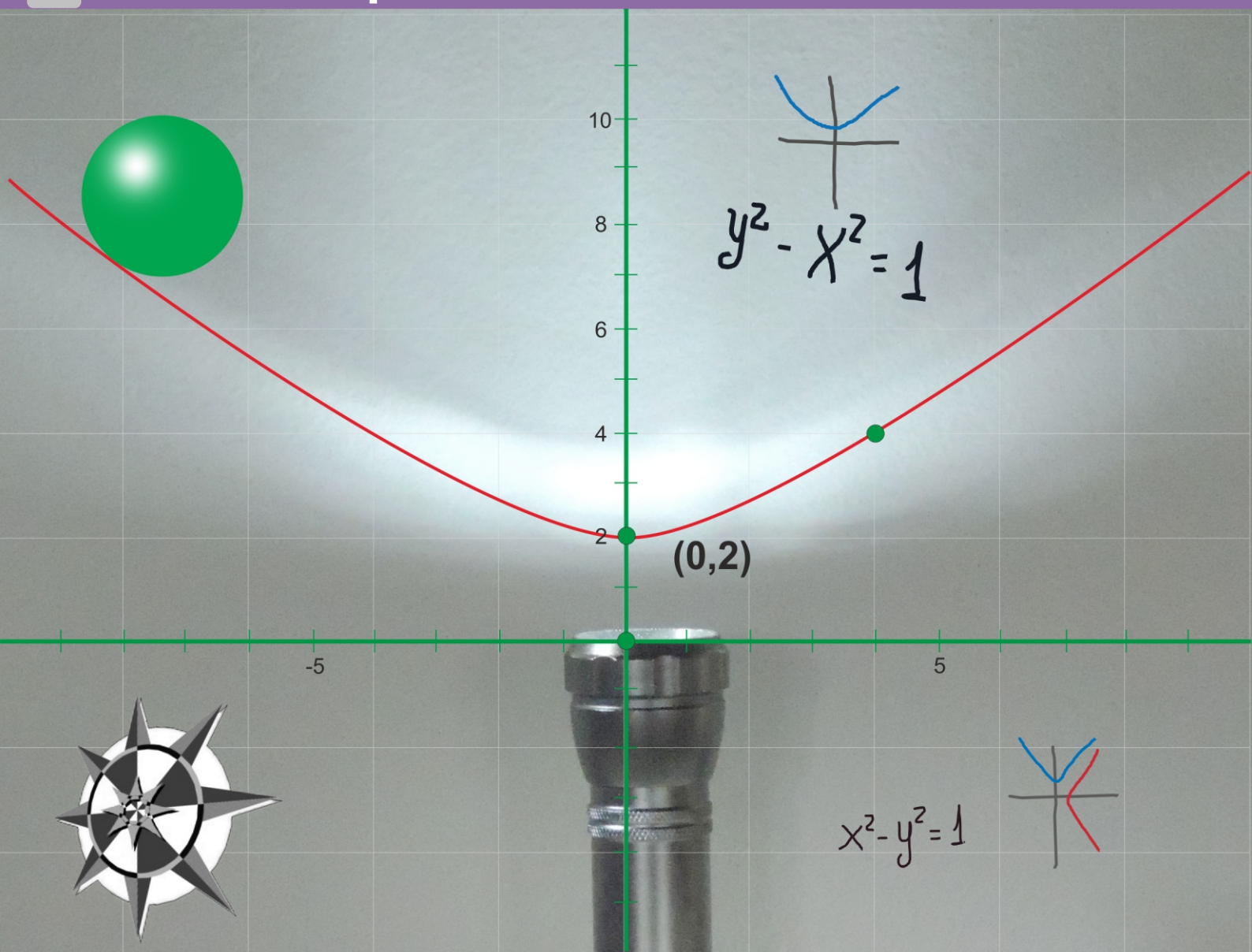
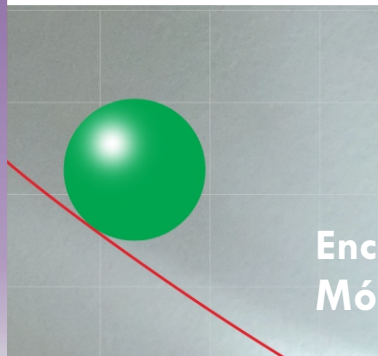


Encuentros de Integración a la Cultura Universitaria

Módulo Disciplinar Física





Encuentros de Integración a la Cultura Universitaria Módulo Disciplinar Física

Equipo de trabajo:

Dr. Claudio Ceballos

Prof. Fabián Venier

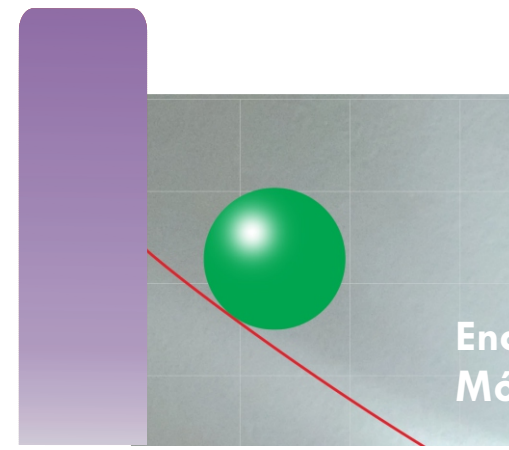
Ing. Ana Borgarello

Ing. Mariano Lima

Ing. Matías Curletto

Ing. Marianela Piantanida

Ing. Marcelo Villarrubia



Encuentros de Integración a la Cultura Universitaria Módulo Disciplinar Física

¿Cómo leer este material?

A lo largo del material encontrarán los siguientes iconos:

Actividad



Tareas, consignas, situaciones problemáticas.

Importante



Tener en cuenta, destacar, recordatorio, atención.

Ejemplo



Ilustración, aclaración.

Curiosidades



Detalles curiosos sobre la temática.

Enlace



Sitios Web.

Videos



Links a videos.

Bibliografía



Material bibliográfico, lecturas sugeridas.

Reflexión



Interrogantes, reflexiones.

Observación



Datos que explican o aclaran un tema.

Resolución



Permite acceder a la resolución de actividades propuestas.

Actividad



Actividad colaborativa entre compañeros, grupal.

Volver

Permite retornar al índice.

Curso de Física- Ingreso 2016

Contenido

Antes de comenzar.....	3
Presentación del equipo	4
Sobre el material y los objetivos específicos a lograr en la etapa presencial del ingreso.....	4
La física como ciencia del hoy	5
1. Cantidad de Movimiento.....	5
Algo de repaso.....	6
Una ventana de auxilio matemático	8
¿Qué son los vectores?	8
La suma de Vectores	10
Sigamos con nuestro auxilio matemático	11
La suma de vectores en el plano (dos dimensiones).....	12
Métodos gráficos para resolver sumas o variaciones	12
Método del triángulo o método poligonal	12
Método del paralelogramo.....	12
Resta de vectores por el método de suma gráfica	13
El vector $\vec{p}$ en la física del movimiento	20
2. Concepto de Fuerza	27
Tipos de fuerzas	28
3. Leyes del Movimiento	33
Algo de Historia: una idea errónea, pero que puede perdurar hasta nuestros días	36
Movimiento en un plano inclinado.....	47
Recordando y continuando con las Operaciones matemáticas con vectores..	47
¿Y los vectores en el plano?	49
Descomposición de un vector.....	51
Producto de un vector por un escalar:	52
Suma y Resta de Vectores	52
El automóvil sobre el plano inclinado.....	54

Algunas recomendaciones para la resolución de problemas	58
4. ¿Por qué se caen los cuerpos? Peso y cantidad de movimiento.....	69
Concepto de campo gravitatorio	71
A modo de cierre parcial de esta primer etapa.....	76
Referencias de videos.....	77

Antes de comenzar...

El anotar, ordenar, dibujar, hacer esquemas y exponer las ideas propias y ajenas ante compañeros y docentes, son algunas de las mayores dificultades encontradas en los estudiantes inician su etapa de vida universitaria en casi todas las carreras y por supuesto también en ingeniería.

Para nosotros como docentes, los principales desafíos de esta nueva etapa que hoy has elegido e iniciamos junto a vos como facultad es lograr que se valoricen por sus acciones positivas, sus talentos, redescubran su potencial para enfrentar y superar nuevos desafíos en su organización, adaptación a los nuevos conocimientos y también a abordar y hacer propias nuevas formas de trabajar en el estudio.

Por ello, aun cuando dudes o aparezcan los miedos por no saber si podrás alcanzar tus sueños... Es importante NO desanimarse, transitarlo, ir conociendo, probando y aceptando los desafíos para poder así afianzarte en tu elección y seguir adelante.

Tu sueño, que seguro también es de los que te rodean y te quieren de verdad como tu familia y los verdaderos amigos es sin duda la apuesta a futuro de un país que necesita continuar su desarrollo y que el logro de tus sueños ayudara a construir.

Este país, hoy tiene fe en vos y tu potencial en esta universidad libre y gratuita, pero que por eso mismo, requiere de tú mayor y mejor predisposición, esfuerzo y voluntad.

Por ello, desde ya el deseo de este equipo de la Facultad de Ingeniería es: ¡Suerte y Éxitos, en este nuevo camino que hoy inicias!

Comisión de Ingreso

Área Física

Presentación del equipo

El equipo docente dedicado a las actividades de inserción a la vida universitaria dentro de la Facultad de Ingeniería trabaja durante el año a los fines de evaluar, proponer y modificar lo relacionado con las actividades específicas a desarrollar. Si bien existen alternancias y cambios del personal docente afectado a las comisiones en todas es renovada la predisposición y trabajo para con los estudiantes que eligen iniciar su camino en pos del sueño de ser ingenieros y de nuestra parte acompañarlos en esta etapa elegida, ayudándolos a superar dificultades encontradas en la lectura, en las representaciones geométricas y la resolución analítica de situaciones problemas, para allanar las dificultades de cursado de Introducción a la Física y Física.

En la facultad se trabaja conjuntamente coordinados por Secretaria Académica incluyendo a distintas áreas y claustros docentes tales como: el área de matemática, de física, del Grupo de Asesoramiento Pedagógico de Ingeniería (GAPI), el Grupo de Acción Tutorial (GAT), el laboratorio de Monitorio de Inserción de Graduados (MIG) y el Centro de Estudiantes de ingeniería (CEI).

Sobre el material y los objetivos específicos a lograr en la etapa presencial del ingreso....

Durante esta convivencia de ingreso buscaremos respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo decimos que un cuerpo está en movimiento?
- ¿Qué hace que los cuerpos adquieran o modifiquen su movimiento?
- ¿Cómo podemos “modelar” ésta situación física del movimiento?

Parte de los objetivos específicos de esta etapa presencial son los siguientes:

- Identificar y aislar nuestro sistema de estudio del medio ambiente que lo rodea.
- Interpretar el movimiento de los cuerpos de acuerdo

con el concepto vectorial de la Cantidad de Movimiento.

- Comprender la noción de fuerza como resultado de una interacción de nuestro sistema con lo que lo rodea.
- Reconocer las fuerzas que actúan en el sistema físico en estudio.
- Aplicar las leyes del movimiento en la resolución de situaciones problemáticas.

Los siguientes son los temas que analizaremos en esta etapa presencial:

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.

La física como ciencia del hoy

La física es una ciencia que modela los fenómenos naturales. En ello busca explicar y predecir el comportamiento de cuerpos, es así que en su extenso campo de estudio hay teorías que aún están en pleno desarrollo con modelos bajo observación e investigación. Esta acción dinámica de la Física contradice lo que se nos ha presentado como acabado, cerrado, indiscutible e irrefutable.

[← Volver](#)



A vos que te interesa la física...
¿Querés conocer su Historia?
Te invitamos a ver el siguiente video

[La historia de la física en 4 minutos](#)



1. Cantidad de Movimiento

Algo de repaso...

Seguramente a lo largo del secundario las fórmulas de física fueron una vivencia extraña, quizá rara algunas veces te resultaron fácil, otras veces complicadas. También quizá te impresionaron o ante un examen, más si eran varias las formulas a aprender, te asustaron. Por eso quizá muchas veces te parecían algo **mágico...** u otras, algo **de terror**.

Uno de nuestros primeros desafíos en este nuevo camino de estudio en la universidad, es facilitarte y ayudarte a entender que **las fórmulas son una expresión resumida de un modelo de trabajo e interpretación de la realidad, las que nos permitirán predecir** lo que ocurrirá sin tener que experimentar.

Empezaremos esta actividad con el análisis del *movimiento de los cuerpos* a través de una actividad reflexiva, de lectura y escritura, aprendiendo lo que hace que podamos movernos y como puede ser ese movimiento. Trataremos de analizar qué variables o magnitudes conocidas aparecen en la lectura y si se infieren alguna relación entre ella que pueda ser considerada como una fórmula y que operaciones matemáticas se usan para poder relacionarlas.

Para ello apelaremos registrando lo que Uds. recuerden de este concepto ya visto en el secundario respondiendo a las consignas.

¿Cuando decimos que algo o alguien se mueve? ¿Qué significa moverse?

¿Cuando decimos que algo o alguien se mueve? ¿Qué significa moverse?



Anotar y registrar las definiciones tanto individuales como grupales que surjan respecto a movimiento y que respondan las preguntas anteriores.



Luego de compartir sus opiniones y lecturas de las mismas, los invitamos a leer en forma conjunta del siguiente dialogo tomado del Libro **Física 1** de Maiztegui-Sabato, es un libro ya no editado pero que fue de vanguardia y símbolo de la didáctica de la Física en las décadas de los '70-'80.



Es de interés que luego de la lectura puedan evaluar la importancia y en especial si lo que se leyó lo sabíamos del secundario o *si hemos podido hacer propios algunos conceptos nuevos*, esto significa: *aprender*.

Ahora ya que se introdujo el concepto de movimiento y cambio de coordenadas resulta útil el repasar conceptos de Física que seguramente han visto durante el nivel medio como son los conceptos de **desplazamiento** y **velocidad lineal media**.

Casi con seguridad muchos han trabajado con el concepto de **desplazamiento** (**d**) (sin mayores distinciones o especificaciones) y luego con el concepto de velocidad $v = d/t$ como el cociente del desplazamiento respecto al tiempo (**t**) empleado en realizar dicho desplazamiento.

Esta expresión no está mal, pero en su simplicidad perdemos información respecto al movimiento del objeto.



Por ejemplo podemos responder ¿el objeto en estudio se acerca o aleja de nosotros?

Al usar bien las fórmulas y los resultados que obtengamos, no sería necesario aclarar con palabras. La fórmula debe permitirnos responder sobre el movimiento respecto a nosotros como observador.

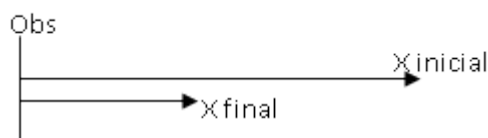
Por ello es conveniente que comencemos a trabajar con el concepto de cambio de coordenada o posición aun cuando el movimiento sea en línea recta (movimiento unidimensional).

De esta forma el desplazamiento **d** será reemplazado por Δx . El símbolo Δ es la letra griega mayúscula: delta, y en física representa el cambio de algo, en este caso sería el cambio de posición **x**, que experimenta un objeto y posteriormente a este símbolo lo usaremos luego en varios conceptos de Física.

$$\Delta x = x_{\text{final}} - x_{\text{inicial}}$$



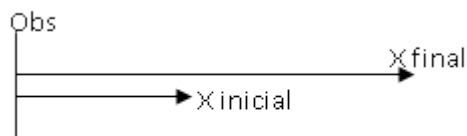
Dos **ejercicios** para aplicar lo visto recién:



¿Qué signo tiene Δx en el caso graficado anterior?

¿Qué hizo el objeto respecto al observador? ¿Se alejó? ¿Se acercó?

Y en esta situación nueva



¿Qué signo tiene Δx en este caso?

¿Qué hizo el objeto respecto al observador?

Entonces para estos dos casos:

Podemos expresar el concepto del vector velocidad media como:

$$\mathbf{v} = \Delta \mathbf{x} / \Delta t = (\mathbf{x}_{\text{Final}} - \mathbf{x}_{\text{Inicial}}) / t$$

Para cada uno de los casos presentados anteriormente dibujar el vector velocidad media.

Una ventana de auxilio matemático

Algunas cantidades físicas están direccionadas, es decir, requieren para su determinación exacta que se adicione una dirección a su magnitud; dichas cantidades las llamaremos **vectores**.

¿Qué son los vectores?

1. Definición

Es un segmento de recta orientado, es decir que tiene una dirección y sentido asignado, y se lo denota en negrita o $\vec{a}$

2. Elementos de un Vector

Todo vector tiene los siguientes elementos:

Módulo o Intensidad: Representa el valor de la cantidad física vectorial, está representado por la longitud del vector, tomado o medido a cierta escala. Se describe con letra normal o con $|\vec{a}|$

Dirección: Está representado por la recta que contiene al vector y es importante destacar el ángulo de inclinación de la recta que contiene dicho vector con otras rectas de referencia, según sea el caso en el plano (2 Dimensiones) o en el espacio (3 Dimensiones).

Sentido: Indica la orientación de un vector, gráficamente está dado por la cabeza de la flecha del vector y sería en sentido izquierdo o derecho de la recta que lo contiene.

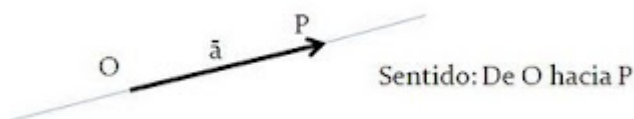


Fig. 1.



Ejercicios:

Representa los vectores, con las direcciones y sentidos indicados.

- un vector $\vec{a}$ tiene módulo 3 y dirección 30°
- un vector $\vec{b}$ tiene módulo 4 y dirección 120°
- un vector $\vec{c}$ tiene módulo 4 y dirección 210°

3.Producto de un vector por un escalar o un número

El producto de un número real k por un vector $\vec{a}$ es otro vector:

- De **igual dirección** que el vector $\vec{a}$.
- Del **mismo sentido** que el vector $\vec{a}$ si k es **positivo**, $k > 0$ y será de **sentido contrario** del vector $\vec{a}$ si k

es negativo, $k < 0$.

- De módulo $|k| \left| \vec{a} \right|$

Esto puede expresarse de la siguiente forma: el producto de un vector por un escalar es otro vector cuyo módulo es el producto del escalar por el módulo del vector, cuya dirección es igual a la del vector, y cuyo sentido es contrario a este si el escalar es negativo. Ejemplificamos para $k = -1$ y $k = 2$

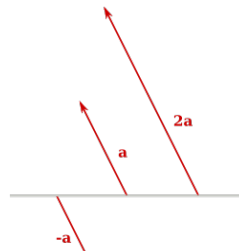


Fig. 2.



Ejercicio: Un vector d tiene una magnitud de 2,5m y apunta en dirección vertical definido positivo hacia arriba. Representarlos gráficamente y expresar las magnitudes y direcciones de los vectores: $-d$; $4d$; $d/2$; $-2,5d$

La suma de Vectores

Pensemos en un móvil que se desplaza 5 cm en la dirección Oeste-Este y se detiene. Luego se desplaza en la misma dirección 3 cm. Es decir se ha desplazado en total 8 cm. Esa situación podría representarse utilizando dos vectores $\vec{d}_1$ y $\vec{d}_2$ para los dos desplazamientos y la representación del desplazamiento total $\vec{d}_T$ podría encontrarse colocando el vector d_1 y a continuación de él colocar d_2 . De este modo el vector d_T estaría representado por el vector que tiene el inicio en el inicio de d_1 y su extremo en el extremo de d_2 .

En el ejemplo considerado los vectores sumados son colineales, es decir están sobre la misma recta y la suma es particularmente sencilla.

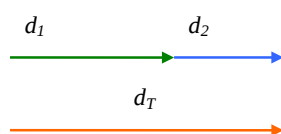
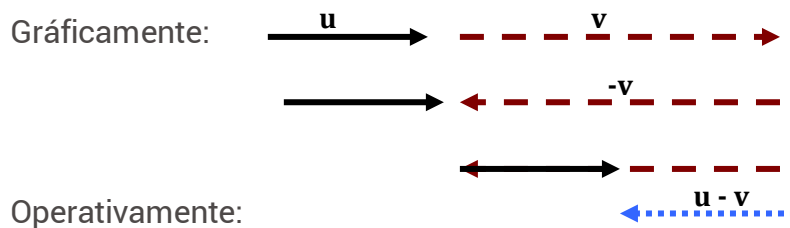


Fig. 3.

Una suma particular...Resta de Vectores lineales y su relación con la variación Δ

El concepto de variación de p ($\Delta p = (p_f - p_i)$) implica analizar la resta de vectores.

En general la resta de dos vectores $\vec{u}$ y $\vec{v}$ puede ser descripta como una suma utilizando el vector opuesto a $\vec{v}$. Esto es válido para una dimensión lineal o para el plano, es decir que podemos formalizarlo así:



Analíticamente:

$$\vec{u} - \vec{v} = \vec{u} + \left[-\left(\vec{v} \right) \right] = \vec{u} + (-\vec{v})$$



Algunos ejercicios para uso con vectores en una dimensión lineal:

1) Considera dos desplazamientos, $d_1 = 3 \text{ m}$ y $d_2 = 4 \text{ m}$. Como pueden combinarse estos desplazamientos para que lograr:
a) un desplazamiento de módulo total de 7 m ; b) un desplazamiento de módulo total de 1 m ; c) ¿y un desplazamiento de 5 m ?

2) Una lancha puede moverse con velocidad de 15 Km/h . Si la lancha viaja en un río cuyo cauce tiene una velocidad promedio de 8 Km/h .

Describe la velocidad del bote (módulo, dirección y sentido) en las siguientes situaciones:

- la lancha se mueve a favor de la corriente del río.
- la lancha se mueve en contra de la corriente del río.

Sigamos con nuestro auxilio matemático

Albert Einstein, un reconocido y genial físico que fue premio nobel, es también autor de la siguiente frase: "Para entender a la

naturaleza debemos conocer su lenguaje, que es el de la matemática".



Por ello las formulas en Física son expresiones matemáticas que vienen en nuestro **auxilio** para poder predecir y explicar mejor los fenómenos que nos interesan.

La suma de vectores en el plano (dos dimensiones)

Veamos ahora como sumar vectores que no tiene la misma dirección considerando el vector $\mathbf{d}_1$ y el segundo vector $\mathbf{d}_2$ tiene una dirección a un ángulo α de $\mathbf{d}_1$. Procedamos colocando los vectores uno a continuación del otro para obtener gráficamente $\mathbf{d}_T = \mathbf{d}_1 + \mathbf{d}_2$ que es la suma de vectores en el plano.

Métodos gráficos para resolver sumas o variaciones

Método del triángulo o método poligonal

Consiste en disponer gráficamente un vector a continuación de otro, ordenadamente: el origen de cada uno de los vectores coincidirá con el extremo del siguiente. El vector resultante es aquel cuyo origen coincide con el del primer vector y termina en el extremo del último, como lo muestra la figura anterior del $\mathbf{d}_T$.

Método del paralelogramo

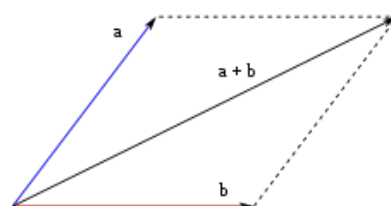


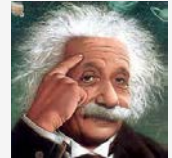
Fig. 4.

Este método permite solamente sumar vectores de dos en dos. Consiste en disponer gráficamente los dos vectores de manera que los orígenes de ambos coincidan en un punto, trazando rectas paralelas a cada uno de los vectores, en el extremo del otro y de igual longitud, formando así un paralelogramo (ver gráfico). El vector resultado de la suma es la diagonal de dicho paralelogramo que parte del origen común de ambos vectores



Muchas veces escuchaste hablar de él:

¿Quién fue Albert Einstein?



[Un breve video sobre su vida](#)

Resta de vectores por el método de suma gráfica

Esto es continuación de lo visto para la resta de vectores en una dimensión y es fundamental como base para hallar la variación o resta de una magnitud utilizada en el tratamiento físico como por ejemplo el cambio de posición $\Delta x = x_f - x_i$ o $\Delta v = v_f - v_i$ entre otras.

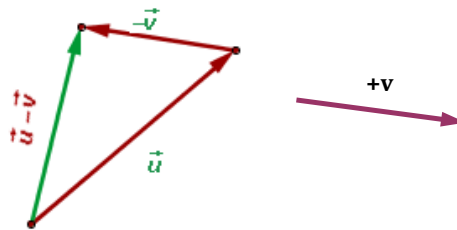


Fig. 5.



Para practicar la teoría de suma algebraica de vectores en 2D

- a. Para los vectores de la siguiente figura $\mathbf{u}$ y $\mathbf{v}$. Hallá la suma vectorial de $\mathbf{u} + \mathbf{v}$, $\mathbf{v} + \mathbf{u}$

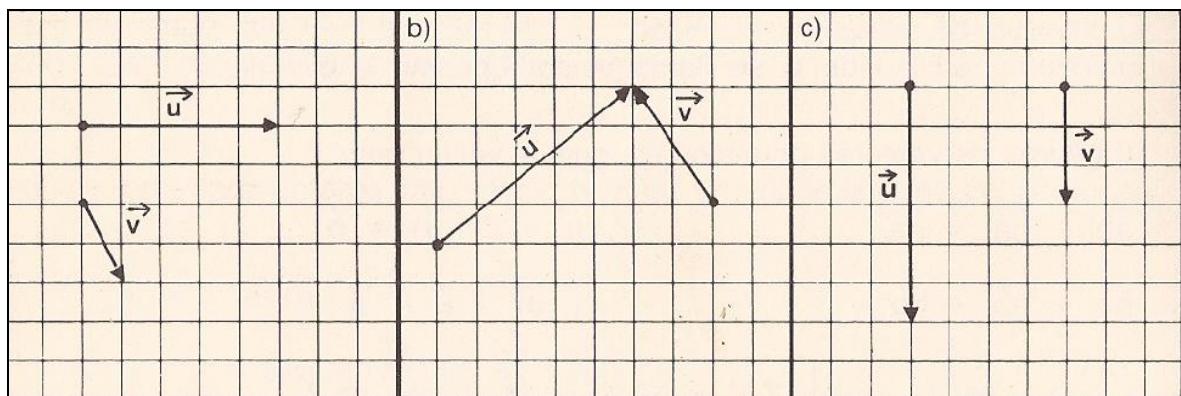


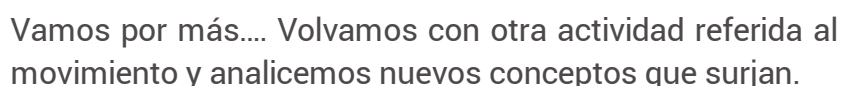
Fig. 6.

- b. Para los vectores libres de las figuras anteriores. Halla el resultado de la suma de $3\mathbf{u} + 2\mathbf{v}$ y de $2\mathbf{u} - 3\mathbf{v}$ para cada caso. Podes hacerlo en una hoja cuadrículada extra manteniendo las características de los vectores.
- c. Traza la resultante de la suma de los siguientes pares de vectores.
- d. Traza la resultante de la resta de los siguientes pares de

[illegible]

En el mismo momento desde la mitad de la cancha y en dirección al arquero observador, pica un rival recorriendo casi 45 metros hasta el borde del área grande con intención de gol y en los mismos 6 segundos. Mientras tanto un defensor que estaba en el lateral derecho de la cancha y a la altura del área grande sale a su encuentro recorriendo 26 m en también en 6 segundos.

- esquematice la situación.
- indique el observador y los vectores desplazamientos de cada jugador.
- calcule la velocidad media de cada jugador.



14)



Fig. 8.



¿Qué podría hacer ese conductor para evitar chocar con otro vehículo que eventualmente podría llegar a la esquina por la otra calle?

Para ello imagínate todas las opciones posibles que se te ocurran y anótalas ordenadamente.

.....

¿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 o con los que tiene al costado.

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.



Anotar ordenadamente implica considerar todas las opciones posibles, evaluar su utilidad y un ordenamiento por prioridad.

Observarás que en todos los casos se pretende hacer disminuir la velocidad del automóvil oponiéndole algún obstáculo y has pensado en las dificultades que esta acción implica.

Pensemos en situaciones similares, pero con otros objetos que se mueven, camiones, bicicletas, trenes...etc.



¿Qué será más fácil: detener a un automóvil o a un camión, suponiendo que ambos vayan a la misma velocidad?

¿Por qué suponemos que van a igual velocidad? Trata de argumentar una respuesta trabajando en conjunto pensando y compartiéndolo con tus compañeros.

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, que a un camión cargado o un tren ¡No lo para nadie!

¿Qué significado tienen en el contexto de este análisis la frase anterior o el decir “Es como si te agarrara el tren”.

¿Qué variable mantuviste constante y cuáles cambiaste en el análisis de este párrafo? ¿Qué era importante ¿el color del auto, la marca, el material? ¿Otra cosa?

Ahora mantengamos constante el tipo de auto y analicemos ¿qué ocurre si debes intentar detener a dos automóviles del mismo tamaño pero que se desplazan a distintas velocidades?

Seguramente, consideraras que habrás acertado, pero en realidad has argumentado y relacionado esto con tus vivencias u observaciones. Por suerte la Física es una ciencia que estudia la naturaleza y por ello nos permite 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 y entonces, surge una nueva pregunta en esta incursión de espíritu inquieto: ¿Será lo mismo también el empezar a moverlo? ¿O no?

Así, 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** que representaremos con la letra **p** y que depende del tamaño, o mejor aún de la masa, y de la velocidad.



Analiza e imagina situaciones que impliquen y justifiquen ¿Por qué la masa es más importante que el volumen en un cuerpo que se mueve?

Ahora, el desafío es cómo podemos relacionar matemáticamente las variables que analizamos antes y que son importantes para definir el movimiento y cuantificarlo, es decir saber si importa mucho o no tanto lo que tengo que hacer para moverlo o detenerlo.



Por allí, lo primero que se nos ocurre es **sumar**, una de las primeras operaciones que aprendimos en la etapa escolar...pero ¡¡Cuidado!! Si sumamos **m** con **v** ¿Qué ocurre con las unidades de la masa y la velocidad?

Acá seguramente te vendrá en mente frases como... “no me sume vacas con perros, aunque tengan 4 patas” o “no sume manzanas con peras aunque sean frutas” en términos de física decimos **solo podemos sumar términos si las unidades son iguales...**

Así que descartamos a la cantidad de movimiento (**p**) como la suma **de masa (m) y (v) por eso NO puede ser $p = m + v$**

Pensemos en una nueva opción... la multiplicación o su operación inversa la división. Esto indicaría que

$$1) \ p = m / v \quad \text{ó} \quad 2) \ p = v / m \quad \text{ó} \quad 3) \ p = m \cdot v$$

Las dos primeras tienen una incoherencia que con tu buen análisis previo seguramente entenderás su invalidez. Por lo que no es posible que como fórmula representen a la cantidad de movimiento.

Analicemos matemáticamente la opción 1), **p** aumenta si aumenta la masa **m**, pero si aumentamos la **v** en esta expresión disminuirá la cantidad de movimiento **p**.



Un momento! El momento "p" no siempre es $p=mv...$
¡Aprende en este [video](#) por qué!

Algo similar nos ocurre si analizamos 2), **p** aumenta si aumenta la **v**, pero si aumenta la **m** en esta expresión se disminuirá la cantidad de movimiento **p**.

En la opción 3) vemos que si aumentamos **m** o **v** la cantidad de movimiento **p** aumenta.

Esto puede formalizarse matemáticamente de la siguiente forma:

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

Esta relación nos permite recordar los conceptos de **proporcionalidad directa e inversa de magnitudes** tanto matemáticamente como las vistas en ciencias en el colegio secundario.

En este análisis puntual diremos que **p** es **directamente proporcional a la masa si la velocidad es constante o a la velocidad cuando mantenemos constante la masa**, tal como lo hiciste en las situaciones imaginadas.



Otro desafío para pensar... ¿Qué ocurre con **m** y **v**, si quisiéramos mantener una cierta cantidad de movimiento **p** como constante?

Si aumentamos la masa de un cuerpo respecto a otro, este deberá ir a menor velocidad y si aumentamos la velocidad podremos disminuir su masa y aun así mantener constante el valor de **p**.

De esta manera estaríamos recordando que **m** es inversamente proporcional a **v**, por lo que si uno aumenta el otro debe disminuir.

En esta expresión hay dos magnitudes, la velocidad (**v**) y la cantidad de movimiento (**p**), que tienen características especiales: son **vectores**, mientras que "**m**" es un escalar que multiplica un vector, como fue desarrollado en las definiciones matemáticas

previas

Justamente para diferenciar estas características de vectores o escalares se los destaca escribiéndolos de manera diferente. Los vectores se escribirán con una flecha sobre la letra que las identifica como vectores, como se hizo en la ecuación recuadrada de $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ o también como hemos hecho en el texto resaltándolos en **negrita**, por ejemplo $\mathbf{p} = m \cdot \mathbf{v}$

Los escalares y los módulos de los vectores se escriben en letra común o en *itálica*, y constituyen una diferencia y regla de nomenclatura básica en Física necesaria de aprender.

En el caso que estábamos analizando, donde un automóvil 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 .

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).

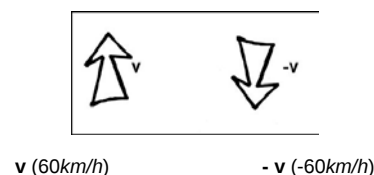


Fig. 9.

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 escalar y positiva. Como ambas son magnitudes vectoriales debemos recordar que es muy importante tener en cuenta su módulo, dirección y sentido. Si bien el módulo es lo que vamos a usar para las formulas y cuentas que con ellas hagamos, los errores que se cometen en resoluciones o exámenes, son por obviar o no prestarle atención a su dirección y sentido

El vector $\vec{p}$ en la física del movimiento

Analicemos ahora qué ocurre cuando se quiere poner en movimiento un cuerpo que estaba en reposo y representaremos la situación dibujando los vectores al lado de la figura tanto “antes” con condiciones iniciales (p_i , v_i), como “después” del evento y en condiciones finales (p_f , v_f).

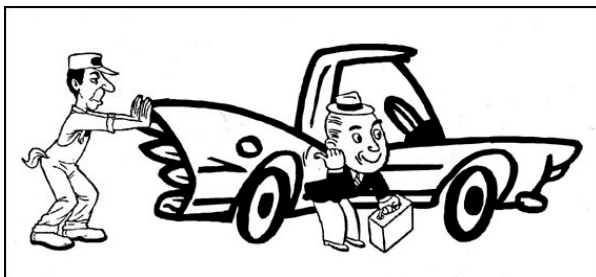


Fig. 10.

p_i
 v_i

Antes

p_f
 v_f

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 más 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.

Ahora analicemos qué ocurre 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, tal como se



P_i = Cantidad de movimiento inicial

P_f = Cantidad de movimiento final

v_i = Velocidad inicial

v_f = Velocidad final

muestra en la figura.

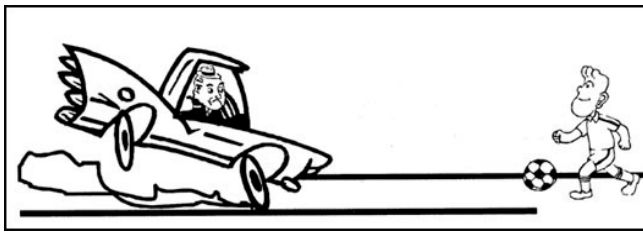


Fig. 11.

p_i
 v_i

Antes

p_f
 v_f

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. Esto permitirá calcular la variación $\Delta p = p_f - p_i$, ya visto anteriormente como **cambio de la cantidad de movimiento**. Recordando que el cambio lo representamos con la letra griega mayúscula delta (Δ).



¿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 en el comienzo, en la mitad de la curva y al final de la misma.

Quizás para esto convenga recordar o releer casi al final del diálogo del libro Física 1 de Maiztegui-Sabato, cuando hace referencia al movimiento circular del brazo y analizarlo en forma análoga, es decir en forma similar y utilizando los principios vistos allí de forma parecida pero no necesariamente igual.

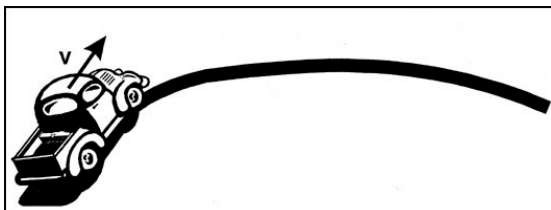


Fig. 12.

P_i
 V_i

Inicio

p_m
 v_m

Mitad

p_f
 v_f

Final



¿Se mantuvo constante la cantidad de movimiento p ?

Si algo cambio ¿Qué fue lo que cambió?



Actividades sobre cantidad de movimiento para ejercitar a modo de repaso



Recuerda que:

La cantidad de movimiento p es un vector, y por lo tanto, la magnitud no es el único elemento por considerar.

1a) ¿Cuál es la diferencia en decir que una cantidad es proporcional a otra y decir que una cantidad es igual a otra?

1b) ¿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 de casos visto en el secundario?

1c) ¿Cuál es la diferencia entre el uso nuestro de la palabra “rapidez” y “velocidad”?

2a) ¿Qué tiene mayor masa, un camión que está en reposo o una bicicleta en movimiento?

2b) ¿Qué tiene mayor cantidad de movimiento, el camión o la bicicleta?

3) Dos móviles se mueven en una misma línea con la misma velocidad $|v| = 80 \text{ km/h}$, uno es un automóvil de masa 800 kg y el otro un camión de 2 toneladas . Represente en un esquema los móviles, sus velocidades y sus cantidades de movimiento. Analice que magnitudes son iguales y cuales no lo son.

4) Como representaría la situación si las masas involucradas fueran dos partículas de $m_1 = 800 \text{ gr}$ y la $m_2 = 2 \text{ Kg}$. Ambas moviéndose a 3 m/s

a) ¿Tienen las partículas igual cantidad de movimiento p ?

b) ¿Qué velocidad debería tener m_1 para tener la misma cantidad de movimiento que m_2 ?

c) ¿Qué velocidad debería tener m_2 para tener la misma cantidad de movimiento que m_1 ?

5) Si dos partículas se encuentran en una línea recta y las consideramos como un sistema ($m_1 + m_2$). Donde $m_1 = 0.5 \text{ Kg}$ y m_2

= 1Kg,

a) si m_1 se mueve a razón de 4 m/s, ¿qué velocidad debería tener m_2 para tener el mismo p que m_1 ?

b) si m_1 se mueve a razón de 4 m/s e impacta a m_2 que estaba inicialmente en reposo y luego del impacto quedan pegadas.

Si el p total de m_1 y m_2 es igual antes que después del impacto ¿Cuál será el valor de la velocidad final del conjunto (m_1+m_2)?

c) Si se mide ahora que m_1 tiene una velocidad inicial de 10 m/s, que m_2 estaba en reposo, y que el conjunto firmemente unido, se mueve finalmente a razón de 7,5 m/s ¿Cuál es el valor de m_2 ?

6) La situación representa a un niño que nada en aguas abiertas con una v_0 lo hace a favor y en contra de la corriente del río (v_R)



Fig. 13.

a) Representa vectorialmente cada situación y analiza los desplazamientos y velocidades que puede tener el nadador para un observador situado en la orilla.

b) Para cada situación calcula la velocidad neta del nadador respecto a tierra y el la cantidad de movimiento del nadador respecto a la orilla (p_{NETO})

7) La siguiente figura muestra un avión visto desde arriba que está volando con velocidad V_A . Sobre el sopla un viento V_V Usando la suma vectorial encuentra la velocidad resultante y su dirección ¿En qué caso/s lo favorece más el viento y en cual/es lo desfavorece más?



Consejo: evite frases como "me parece" o "es más o menos igual"...use criterios o herramientas confiables.

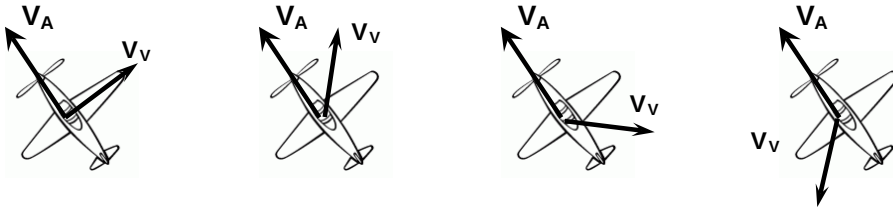


Fig. 14.

8) La siguiente situación representa a tres lanchas que pretenden cruzar un ancho río cuya velocidad se representa en la figura. Cada lancha desarrolla la misma velocidad en módulo y deciden cruzarlo en distintas direcciones como las mostradas.

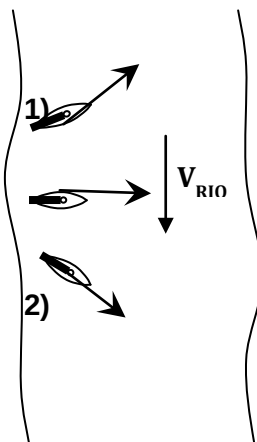


Fig. 15.

Traza el vector velocidad resultante para las 3 lanchas y analiza el **p** de cada lancha.

Apela a tu criterio y lo visto de movimiento para responder:

¿Cuál podrá llegar al punto opuesto en la orilla del frente?

¿Cuál se apartará más del punto que tiene directamente en frente de su partida?

¿Cuál llegará primero a la orilla opuesta?

¿Cuál tendrá la mayor v y p para recorrer el ancho del río?

9) 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 (v) del automóvil? ¿Es la misma?

b. ¿Y con la cantidad de movimiento?

11) 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 completo que pasaría considerando tres puntos de ese medio giro?

Tendrías que hacer un esquema de la situación problema y representar ¿Qué puntos serían los más convenientes de elegir en este análisis?

¿Cuánto cambió la cantidad de movimiento del automóvil? Sería interesante que dieras tus resultados calculando el módulo de la velocidad en m/s .

12) La figura muestra un ventilador que gira en sentido horario A) Represente al vector cantidad de movimiento del punto señalado con P, y los vectores desplazamiento en las diferentes posiciones que ocuparía P mientras gira y va ocupando los lugares de las distintas paletas.

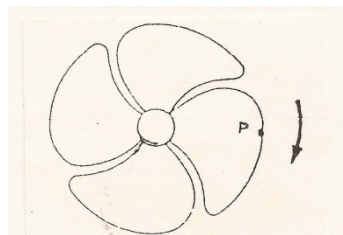


Fig. 16.

Analice vectorialmente cuál es el vector desplazamiento para las distintas situaciones y la diferencia de los vectores cantidad de movimiento para las situaciones elegidas.

13) Una lancha viaja a $8,5 \text{ m/s}$. se orienta para cruzar transversalmente un río. Si el agua fluye a razón de $3,8 \text{ m/s}$, ¿Cuál es la velocidad resultante de la lancha?

a) Representalo y calcúlalo gráficamente.

b) Resolver ahora en forma analítica, es decir encontrar el módulo y la dirección del vector que representa la velocidad de la lancha.



Nota muy importante:

Debe tratar de representar su análisis con la mayor claridad posible para Ud. y para otra persona que intente leerlo.

[← Volver](#)

2. Concepto de Fuerza

Hasta ahora hablamos de 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 por alguna razón. Trataremos ahora de deducir las causas que pueden producir el 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.

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, no es lo mismo ejercer una fuerza en un sentido que en otro, dejaremos sentado que la fuerza es también un vector, al igual que el desplazamiento, 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



Conoce cómo actúan las fuerzas físicas a través de este [video](#)



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

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 (P) como la fuerza con que la Tierra lo atrae** por lo que es común que también la escribamos en las etapas iniciales de este aprendizaje como $F_{T/C}$ (fuerza que la Tierra ejerce sobre el cuerpo).

Como se trata de una fuerza, magnitud a la que hemos definido como vector, el peso (P o $F_{T/C}$) 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 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) **P** y la fuerza de rozamiento **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?



Fig. 17.

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 $\mathbf{P}$ y $\mathbf{F}_r$ 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 $\mathbf{F}_a$, también puede señalarse para hacer más hincapié en quien la hace y sobre quién como $\mathbf{F}_{J/A}$ leyéndose como 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. A esa fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro por el simple hecho de estar en contacto con él, la llamaremos: fuerza normal ($\mathbf{N}$) que representa a la fuerza perpendicular que el piso ejerce sobre el automóvil ($\mathbf{F}_{P/A}$).

Dibujemos entonces las cuatro fuerzas que actúan sobre el auto:



Fig. 18.

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.



Fig. 19.



¿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.

Esto que estamos haciendo de dibujar las fuerzas y representar al objeto en estudio como un punto tienen un nombre propio y particular se llama Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) y es un análisis básico para resolver situaciones más complejas de este curso y también de Introducción a la Física y Física. Así que mientras más rápido lo aprendas más utilidad le podrás sacar.



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?

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

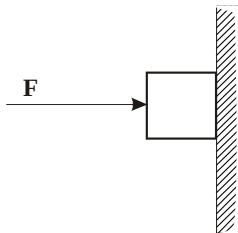


Fig. 20.

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



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

6) En los siguientes casos analice que valor puede tener la fuerzas de las cuerdas para sostener colgado el peso P de la piñata con forma de máscara.

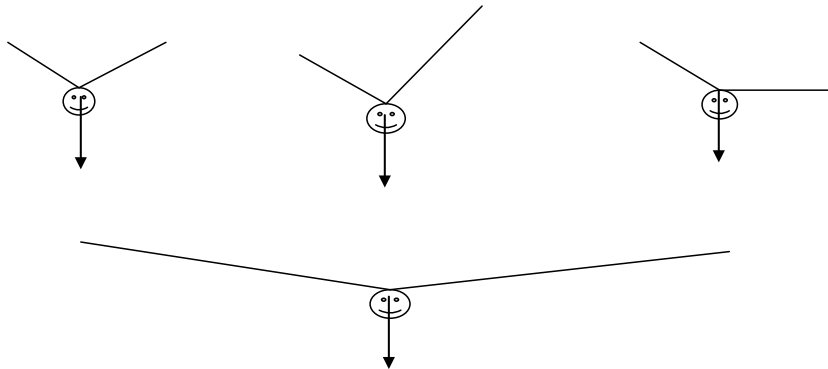


Fig. 21.

7) Con los siguientes vectores fuerzas representados en las figuras. Dibuje el o los vectores fuerzas que faltan para que las lámparas que están colgadas estén en reposo.

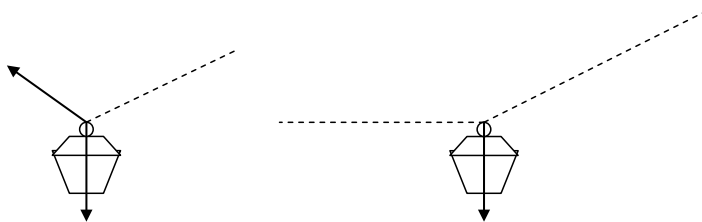


Fig. 22.

[← Volver](#)

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 en el automóvil aparecía al menos una fuerza actuando sobre éste 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 $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

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 su variación en el tiempo consideramos que es nula y por eso no figura en la expresión que sigue.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0$$



Sir Isaac Newton

<http://www.nd.edu/~dharley/HistIdeas/Newton.html>



La física imposible de los dibujos animados

http://www.educ.ar/recursos/ver?rec_id=90630

A partir de la tradicional serie de dibujos animados *El Coyote y el Correcaminos*, esta secuencia propone reflexionar sobre las leyes de la física y cómo se alteran en el mundo de la ficción. Incluye videos y enlaces de consulta.

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

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** (Δv) se constituye en un tema importante para analizar y complementar la comprensión de la **Segunda Ley de Newton** y podemos decir que:

- 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.



La expresión $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ como fórmula que representa la Segunda Ley de Newton es una expresión más general, mientras que la expresión $\Sigma \vec{F} = m \cdot a$ es válida si y solo si aseguramos que la masa es constante.

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. ¿Podés argumentar por qué?

¿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



¿Cuánto conoces de las Leyes de Newton?

En poco tiempo podés saber más

[Las Leyes de Newton en 2 minutos](#)

consiguiendo 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.

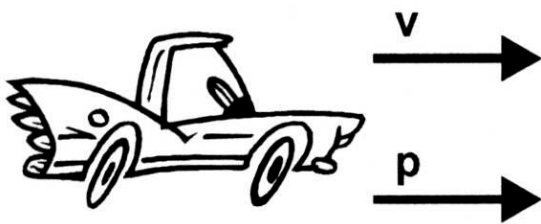


Fig. 23.



¿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.

¿Cómo es esto de la fuerza y la aceleración o cambio del vector velocidad ($\vec{v}$)? ¿Cómo cambia la velocidad con acción de la fuerza?

Veamos una deducción sencilla a partir de las ecuaciones vistas para la Segunda ley de Newton para analizar matemáticamente que impacto tiene la Fuerza o su proporcional aceleración sobre la velocidad en determinados intervalos de tiempo (Δt)

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

Si analizamos el segundo y cuarto término de la igualdad y los comparamos podemos llegar a la expresión

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot a \quad \text{si se simplifican las masas nos queda}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a \quad \text{De donde podemos obtener las expresiones}$$

$$\Delta v = v_f - v_i = a \Delta t \quad \text{asi que despejando } v_f$$

$$v_f = v_i + a \Delta t$$



¿Reconoces que función matemática se corresponde con la v_f dependiendo del tiempo? ¿Que puede hacer v_f a medida que aumenta el tiempo? ¿Siempre? ¿Si la $a=0$, que ocurre con la v_f ?

Algo de Historia: una idea errónea, pero que puede perdurar hasta nuestros días

Muchas veces el movimiento parece algo sencillo y fácil de argumentar y explicar, pero para estar seguro de ello en ciencias se proponen ejemplos que pongan en duda la teoría o firmeza de nuestros conocimientos. En el tema de movimiento tenemos a veces arraigadas algunas ideas muy difícil de erradicar y que indican que por más que nos consideremos modernos en pensamiento, con ideas avanzadas perduran ideas y modelos de pensamiento tipo aristotélicos es decir de antes de Cristo (A.C) y es la no modificación de estos modelos de pensamientos por la falta de cuestionamientos y argumentación o interés que este modelo perdura e impiden anclar nuevos conceptos de física.

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. ¿Cómo?

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 (a la que llamaremos plano inclinado), iba adquiriendo mayor velocidad. En cambio, si la misma pelota rodaba cuesta arriba por la misma superficie 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



Si querés saber más de Galileo Galilei podés acceder a:

https://es.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei

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.

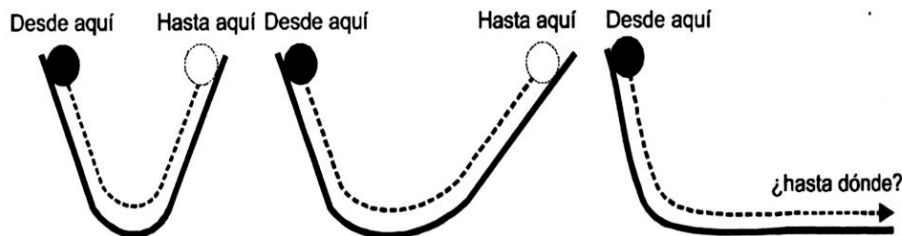


Fig. 24.

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 interactuara 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 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 quién 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



Experimentos para hacer en casa - ¿Cómo diferenciar un huevo cocido de uno crudo? – usando la primera Ley de Newton

http://www.encuentro.gov.ar/sitios/encuentro/Programas/ver?rec_id=118771

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 P , la fuerza normal N que como dijimos es la fuerza perpendicular que la superficie suelo ejerce sobre el automóvil, la fuerza de rozamiento que la superficie suelo ejerce paralelamente al suelo F_r y la fuerza aplicada por el joven sobre el auto F_a .

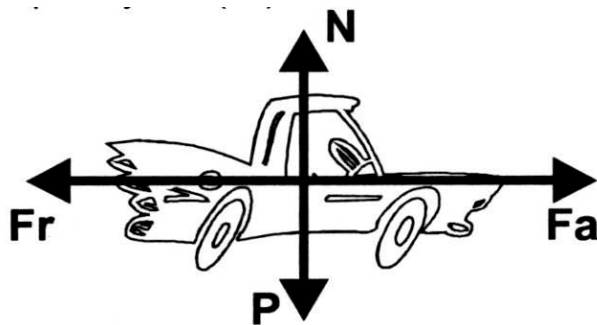


Fig. 25.

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, pero en sentido contrario y además actuando en cuerpos diferentes. Veámoslo en el automóvil:

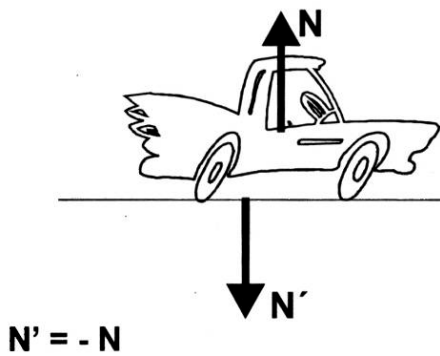


Fig. 26.

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 y que se dibujan en cuerpos diferentes.

Se sugiere despegar el auto del piso (aislarlo) y colocar los nombres de las fuerzas tal cual se están designando.

Esto es: N' o $\vec{F}_{a/p}$ que es la fuerza que el auto hace sobre el piso, es la reacción a N o $\vec{F}_{p/a}$ que es la fuerza que el piso ejerce perpendicularmente al auto. Por lo que se puede deducir que tienen la misma magnitud pero distinto sentido y se dibujan en cuerpos diferentes. La notación de quién hace la fuerza y a qué objeto mediante subíndices permite ayudar a la comprensión y busca minimizar los errores de asignación de fuerza.



Ahora, te pedimos que dibujes las reacciones a las fuerzas de rozamiento y la aplicada por el joven, pero es necesario, por claridad que lo hagas en un dibujo diferente.

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

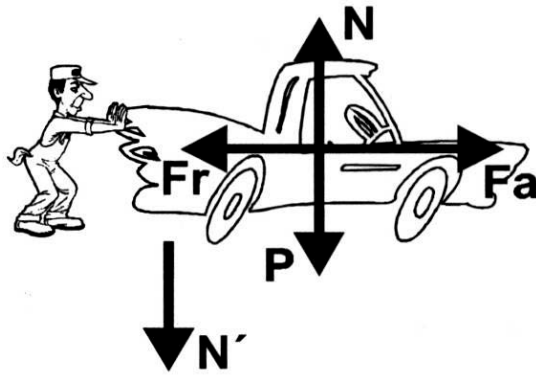


Fig. 27.

En la Fig.27 se representa N y N' según lo analizado anteriormente en el marco de la Tercer Ley de Newton. Completa el DCL con los pares de acción-reacción correspondientes a F_a , F_r y P dibujadas en el auto

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, 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.

Antes de continuar te explicaremos porqué 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 decir, un punto 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 te lo solicite.

De aquí en más deberás tener en cuenta entonces, 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. Siempre debes hacerlo.



Ejemplos para hacer uso y aplicación de las leyes del movimiento:

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

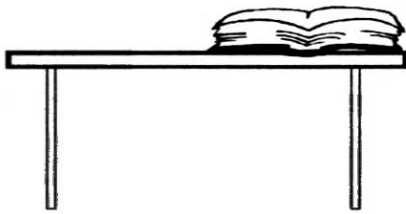


Fig. 28.

- 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 dibujar la mesa y el libro y colocar los vectores peso en cada uno de ellos, apuntando verticalmente hacia abajo.

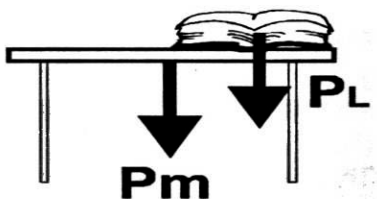


Fig. 29.

Hay que hacer el libro por un lado y la mesa por otro, usando el DCL y el modelo de partícula que les enseñamos antes. Llamar a las fuerzas con sus verdaderos nombres. A los distintos puntos darles los nombres de cada cuerpo que analicemos.

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 (N) hacia arriba, en tanto que el libro ejercerá sobre la mesa una fuerza de contacto N' hacia abajo.

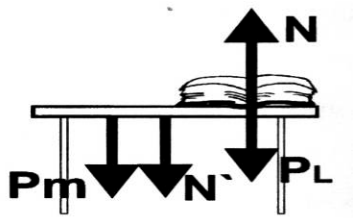


Fig. 30.

Nuevamente, hay que hacer el libro por un lado y la mesa por otro, usando el DCL y el modelo de partícula que les enseñamos antes. Llamar a las fuerzas con sus verdaderos nombres. Además sobre la mesa falta la fuerza que le hace el piso a la mesa (distribuido en las cuatro patas) por eso mejor poner un punto y sobre él dibujar las fuerzas. A los distintos puntos darles los nombres de cada cuerpo que analicemos.

c) **Sí**, las fuerzas de contacto N y N' constituyen un par de acción y reacción. Porque son de igual módulo y dirección y distinto sentido, pero lo más importante, actúan sobre cuerpos distintos.

d) **No**. Sobre el libro actúan las fuerzas peso P y la de fuerza normal de contacto N 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 $9,8\text{N}$, y demora $0,2\text{s}$ 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 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:

$$\Delta \vec{v} = \frac{\vec{F} \cdot \Delta t}{m} = \frac{9,8\text{N} \cdot 0,4\text{s}}{1\text{Kg}} = 3,92\text{m/s}$$

(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 $v_f = 3,92\text{m/s}$



Si analizamos las unidades que acompañan a 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 $1 N = 1 Kg \cdot m/s^2$.



El analizar la unidades como se hizo recién, para comprobar por ejemplo si están bien las unidades de velocidad o de fuerza, te ayudara a analizar la formula usada y evaluar si has cometido algún error en su uso, en las cuentas o en el despeje matemático que quieras o te pidan realizar



Ejercicio para practicar

1) 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. A) En esta condición analiza como son los vectores Fuerzas aplicada al banco y la de rozamiento al comenzar a moverlo. B) Como serán las fuerzas al ya estar en movimiento su poniendo que viaja a la misma velocidad ($v=cte$) ¿Que significa esta afirmación como vector?)

2) 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.

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) En cada caso de las figuras dibuje el vector cantidad de

movimiento de cada cuerpo y las fuerzas que actúan

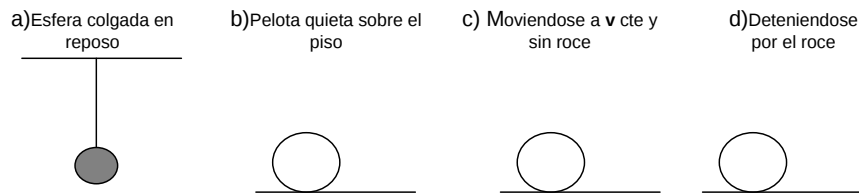


Fig. 31.

4) Los esquemas representan a botes a vela vistos desde arriba que pretenden avanzar proa adelante gracias al viento. ¿Podría Ud. indicarle cuál de las opciones para ubicar la vela es la más correcta para así lograr avanzar?

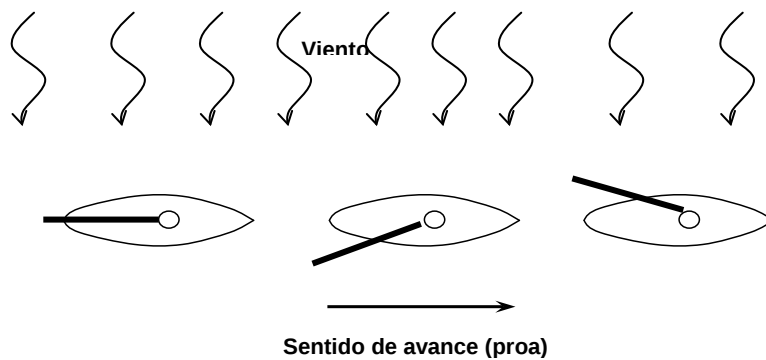


Fig. 32.

5) La figura muestra una vista superior de un vagón de ferrocarril que se tira por un cable de acero.

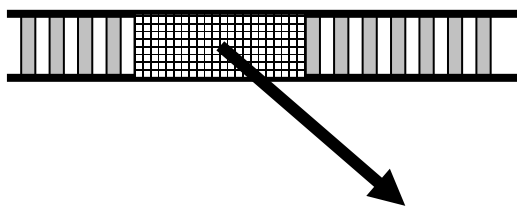


Fig. 33.

- ¿La fuerza F aplicada hará mover el vagón sobre la vía? ¿Por qué?
- ¿En esta condición se mueve el vagón en la dirección perpendicular a la vía?
- Si F fuera perpendicular a la vía ¿lo podría mover? ¿Si o no? ¿Por qué?

Movimiento en un plano inclinado

Hasta ahora nos hemos referido al movimiento de un automóvil a lo largo de una superficie horizontal y también al movimiento del libro que cae desde una mesa con velocidad inicial igual a cero (caída libre). Veremos ahora qué pasa si el automóvil (o cualquier otro cuerpo) se mueve a lo largo de una superficie inclinada (plano inclinado). 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 y refrescar los conceptos vistos de matemática y vectores

Recordando y continuando con las Operaciones matemáticas con vectores

Antes lo hicimos con la cantidad de movimiento y lo podemos extender a la suma de fuerzas sobre una misma dirección o eje lineal, 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 $\vec{F}_3$.

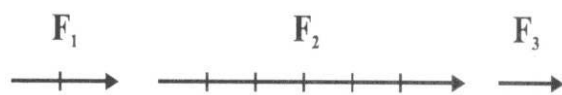


Fig. 34.

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):

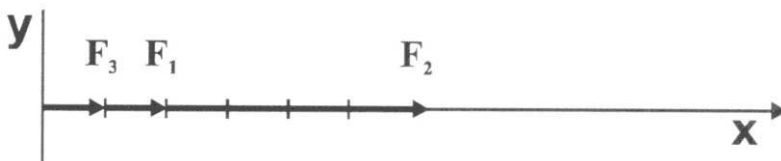


Fig. 35.

Matemáticamente lo podemos escribir como un par ordenado, donde el valor x ocupa el primer lugar mientras que el segundo lugar lo ocupa la componente en y que en este caso es cero, lo que quedaría así para nuestro ejemplo:

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

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:

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

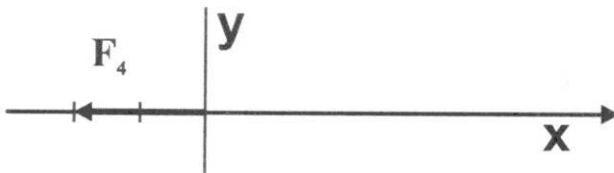


Fig. 36.

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

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

¿Y los 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?

Nos ocuparemos para algunas aplicaciones de los llamados vectores fijos; que tiene un punto de origen determinado. Para representar los vectores utilizamos un sistema de ejes perpendiculares que se cortan en un punto O llamado origen. Al

ubicar un vector cualquiera con su inicio en O su extremo P (un punto) está determinado por un par ordenado (a,b) de números reales, llamados coordenadas del punto P.

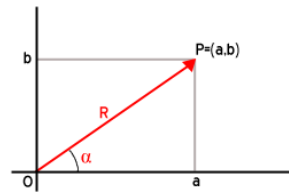


Fig. 37.

Supongamos entonces que tenemos los vectores:

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

Por su notación estos vectores están ubicados en los ejes x e y de nuestro sistema de ejes coordenados. Podemos afirmar que el resultado de $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ¿será otro vector $\vec{r}$, similar al vector $\vec{R}$ de la figura?, ¿qué dirección y sentido tendrá?, ¿y su módulo?, ¿cómo se calcula?

Respetando lo que hemos visto hasta ahora, tendremos:

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

Recordemos que Gráficamente para la suma vectorial vimos:

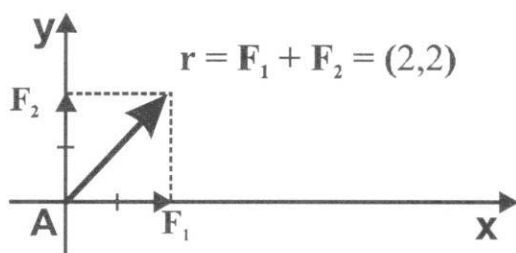


Fig. 38. Método del paralelogramo

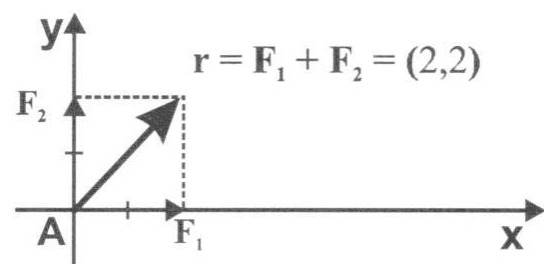


Fig. 39. Método de la poligonal

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

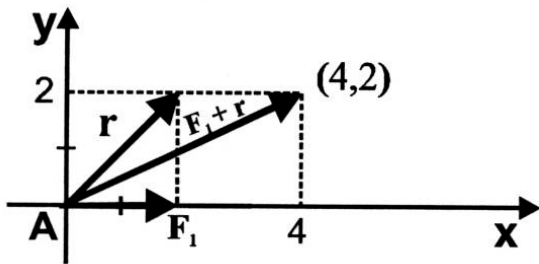


Fig. 40.

Es posible ver que la suma de dos vectores es igual al vector que forma la diagonal del paralelogramo y 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 existe 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 $(0;2)$

$$(4;2) = (4;0) + (0;2)$$

Considerando que se forma un triángulo rectángulo, podremos definir la dirección del vector r haciendo uso de las relaciones trigonométricas del seno y del coseno de un ángulo dado α :

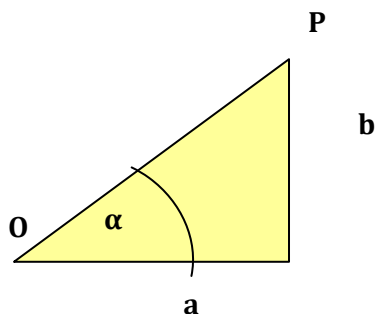


Fig. 41.

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{b}{OP} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad \cos \alpha = \frac{a}{OP} = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\operatorname{tag} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

Producto de un vector por un escalar:

En esta nueva notación de pares ordenados, el vector $\vec{u} = (a, b)$ entonces el producto por un escalar se obtiene multiplicando cada componente por el escalar:

$$k \vec{u} = k(a, b) = (ka, kb)$$

Suma y Resta de Vectores

Y el vector suma y o resta de los vectores $\vec{u} = (a, b)$ y $\vec{v} = (c, d)$ queda definida por la suma y resta de sus respectivas y ordenadas componentes a saber:

$$\vec{u} + \vec{v} = (a, b) + (c, d) = (a + c, b + d)$$

$$\vec{u} - \vec{v} = (a, b) - (c, d) = (a - c, b - d)$$



Dado los vectores

$$\vec{u}_1 = (-3, 3), \quad \vec{u}_2 = (5, -3), \quad \vec{u}_3 = (0, 4), \quad \vec{u}_4 = (-6, 0)$$

Realiza las operaciones indicadas a continuación:

$$\vec{u}_1 + \vec{u}_4, \quad \vec{u}_1 + \vec{u}_4, \quad \vec{u}_1 - \vec{u}_2, \quad \vec{u}_2 + 3\vec{u}_4$$

Volvamos ahora a un caso de uso en Física. Fijémonos ahora en el caso general de un vector $\vec{F}$ (que puede ser una fuerza pero es válido para cualquier otra magnitud vectorial), del que conocemos su módulo y su inclinación 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

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

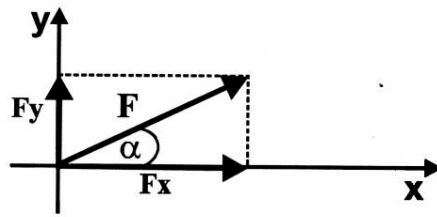


Fig. 42.

¿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 recientemente vistos.

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

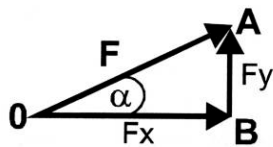


Fig. 43.

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 con números:

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



Todo tiene su historia, te invitamos a ver...

[La historia del 1](#)

Desde el 21:47 al min 22:38

$$F = \sqrt{25} = 5$$

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 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.

El automóvil sobre el plano inclinado

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

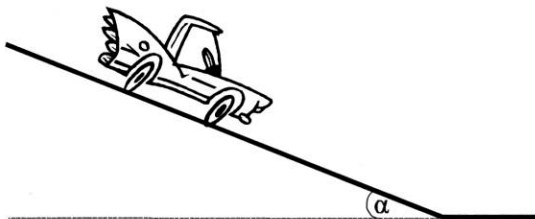


Fig. 44.

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:

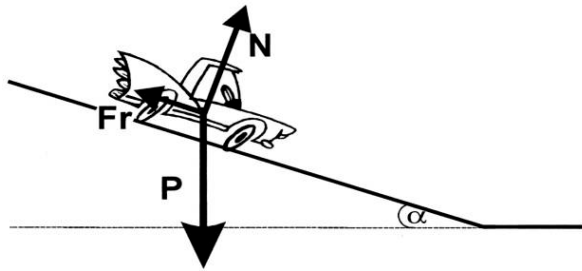


Fig. 45.

Como podrás ver, la fuerza $\mathbf{P}$ 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 $\mathbf{P}$ como el peso del automóvil, aparece la fuerza normal $\mathbf{N}$ que es la fuerza perpendicular que el plano inclinado hace 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 $\mathbf{P}$, pero no es paralela al plano. Veremos a continuación que si bien el vector $\mathbf{P}$ apunta hacia abajo, en parte hace sentir sus efectos sobre el cuerpo en cuestión (en este caso, el automóvil), en el sentido del movimiento paralelo a la superficie del plano inclinado.

Como el cuerpo se desplaza hacia abajo con movimiento tal que su velocidad va aumentando (acelerado) ya que 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 $\mathbf{P}$ en sus componentes paralela ($\mathbf{P}_x$) y perpendicular ($\mathbf{P}_y$) al plano inclinado. Tomando para ello un sistema de coordenadas con uno de sus ejes (x) paralelo al plano, como se muestra en la figura:

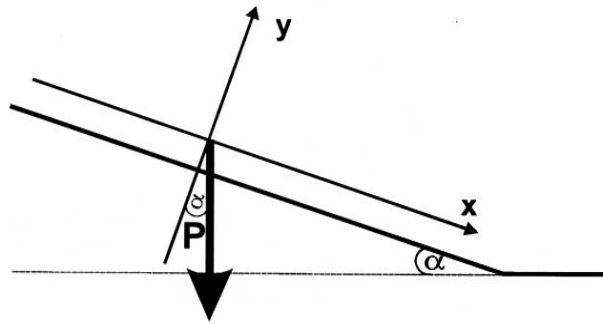


Fig. 46.

Entonces vector peso **P**, puede ser reemplazado por sus componentes en los ejes **x** e **y**, como analizamos en el apartado de operaciones con vectores. Solo resta saber cómo obtenemos las componentes de **P_x** y **P_y**

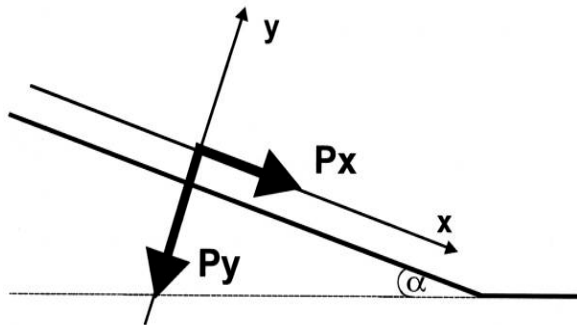


Fig. 47.

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

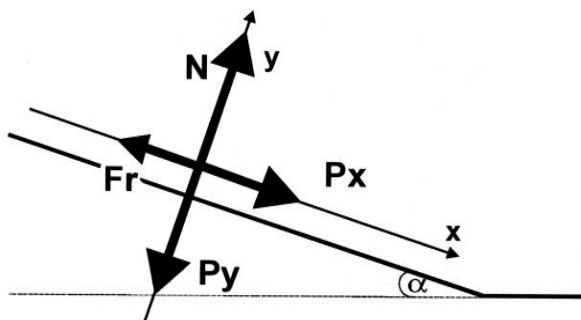


Fig. 48.

Si aplicamos 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 la Σ el eje y , tomando como eje positivo hacia arriba (dirección de $\mathbf{N}$) nos queda

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

$$\mathbf{P}_y = \mathbf{P} \cos \alpha = \mathbf{N}$$

lo que se entiende perfectamente ya que la velocidad del cuerpo sólo varía a lo largo del plano (eje x) y no en la dirección de nuestro eje y .

Realizando el mismo procedimiento en el eje x , tenemos que

$\mathbf{P}_x > \mathbf{F}_r$ esto nos indica que si aplicamos la segunda ley de Newton el sistema esta acelerado en x , tomando como eje positivo x y valores de fuerza positivos en la dirección x , nos queda :

$$\mathbf{P}_x - \mathbf{F}_r = m \mathbf{a}_x$$

Como ya consideramos los signos (sentidos de las Fuerzas) el módulo del vector resultante será igual a

$$P_x - F_r = m a_x$$

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

$$P_x = P \sin \alpha$$

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

$$P_x - F_r = P \sin \alpha - F_r = m a_x$$

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.

Hacer un 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



A la hora de resolver problemas te recomendamos:

1. Entender el enunciado.
2. Evaluar si hay información irrelevante.
3. Hacer un esquema o dibujo.
4. Hacer un diagrama de fuerzas.
5. Anotar todos los datos.
6. Verificar las unidades.
7. Plantear ecuaciones.
8. Expresar resultados.
9. Analizar resultados.

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 interaccione 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.

Plantear 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.

Expresar 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.

Analizar 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 permiten corroborar si al despejar la incógnita se lo hizo de forma correcta. Se debe verificar que las unidades resultantes a ambos lados de la ecuación, (es decir, en ambos miembros) sean las mismas. También hay que fijarse en el signo del resultado para ver si se trata de un vector positivo o negativo, y verificar de ese modo si tiene una dirección adecuada (en caso que la incógnita sea una magnitud vectorial. Si no lo fuera, por ser un escalar, un resultado negativo también nos indicará si está bien despejado, porque hay escalares que nunca pueden dar un resultado negativo). 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:

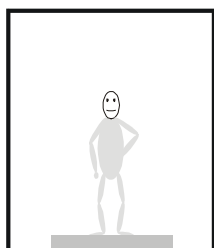


Fig. 49.



¿Qué te pareció mi dibujito? Se entiende la situación. ¿O no? ¿Pudiste hacer algo mejor? ¿Dependerá el resultado de la calidad del dibujo de la persona?.

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?

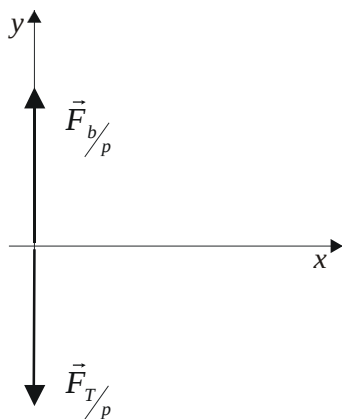


Fig. 50.

Sobre la persona actúan el peso $\mathbf{P}$ o bien como ya acordamos $\vec{F}_{T/p}$ es decir la fuerza con la que la Tierra atrae a la persona dibujada para abajo hacia el centro de la tierra y la $\mathbf{N}$ o $\vec{F}_{b/p}$ que es la fuerza que la superficie de la balanza hace sobre la persona. La lectura de la balanza está en la balanza, es decir que 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 para trabajar con módulos (números): $F_{b/p} - F_{T/p} = m \cdot a$

Ecuación que nos permite descartar los incisos a) y c), ya que si sube o baja con velocidad constante, $a = 0$ que no es el resultado buscado ya que resultaría que:

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

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. EUREKA!!!!



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 N), el peso aparente será mayor. Si es contraria a N (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) 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?

2) 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.

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

4) ¿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?

5) Traza las componentes de los vectores que a continuación se representan

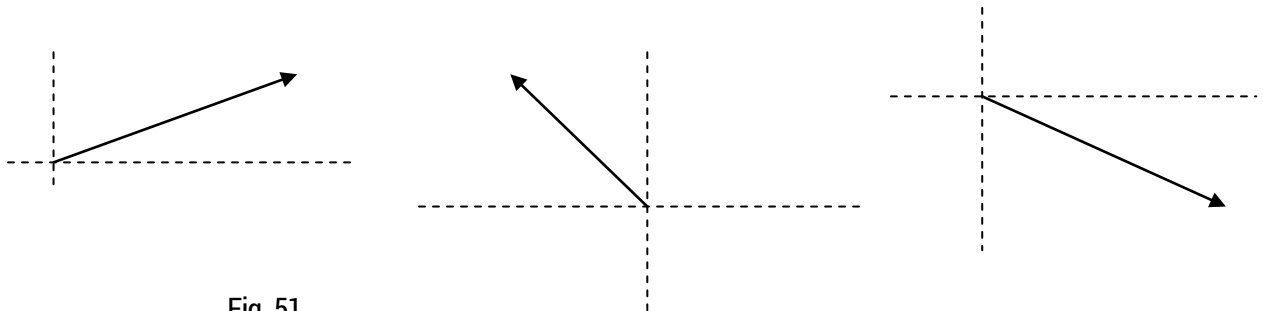


Fig. 51.

6) 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), ¿lograría moverla?, ¿puedes dar una explicación a esta situación?

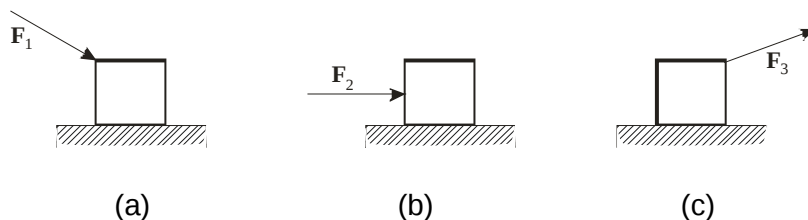


Fig. 52.

7) La figura muestra una vista superior de un vagón de ferrocarril de 1000Kg que se tira por un cable de hacer, con un

ángulo de 30° respecto a la vía señalado en sentido horario

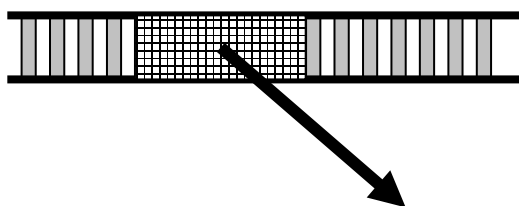


Fig. 53.

¿La fuerza F de 1000 N aplicada hará mover el vagón sobre la vía? ¿Porque?

¿En esta condición se mueve el vagón en la dirección perpendicular a la vía?

Si F fuera perpendicular a la vía ¿lo podría mover? ¿Sí o no? ¿Porque?

8) 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.

Colocar bien los nombres de las fuerzas, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ y $\vec{F}_3$.

9) En cada caso de las figuras dibuje el vector cantidad de

movimiento de cada cuerpo y las fuerzas que actúan

- a) El bloque resbala sin roce b) El cuerpo se tira con v_0 hacia arriba c) Permanece en reposo d) En caída libre



Fig. 54.

10) 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 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.

11) 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 $95N$?

12) 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?

[← Volver](#)

4. ¿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

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

Podía escribirse también

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

Recordando que $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ es la aceleración **a** que tiene un cuerpo y son magnitudes vectoriales con las propiedades que las caracterizan (modulo, dirección y sentido)

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 **P** es una fuerza que si se aplica sobre un cuerpo libre le imprimirá una aceleración, nos queda:

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

Donde hemos usado $\vec{g}$ para simbolizar al **campo gravitatorio** (más adelante veremos que en cierto sentido esta $\vec{g}$ corresponde a una aceleración denominada *aceleración de la*

gravedad, que se dice que es la aceleración con que la Tierra atrae a los cuerpos en un espacio cercana a su superficie).

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 tendrá entonces el campo gravitatorio $\vec{g}$, 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 $9,81\text{m/s}^2$.

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

Por otro lado la masa es una magnitud escalar, mientras que el peso es una magnitud vectorial. Las unidades de medida como vimos son diferentes y por otro lado para medir una u otra se lo hace 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 y como se vio anteriormente puede variar de un lugar a otro.



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

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

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.

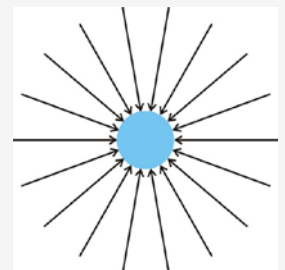
[← Volver](#)

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).



Líneas de campo gravitatorio de una masa puntual

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pushing1.png#/media/File:Pushing1.png>



Te preguntaste alguna vez
¿Qué es la gravedad?

Aquí te lo cuentan:

[Minuto de Física](#)

Cada cuerpo crea alrededor suyo su propio “campo gravitatorio”. Como ya vimos es más intenso en algunos planetas o cuerpos que en otros. La Teoría de la Gravitación Universal dice que la fuerza F que ejerce un cuerpo de masa M sobre otro cuya masa es m situado a una distancia R del primero está dada por la ecuación:

$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

Donde G es la constante de gravitación universal, cuyo valor es $6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ o bien,

$$F = m \cdot \frac{G \cdot M}{R^2}$$

Se puede decir que $g = \frac{G \cdot M}{R^2}$, entonces la expresión anterior nos queda: $F = m \cdot g$. A la magnitud g , por ahora continuaremos llamándola intensidad del campo gravitatorio.

Ahora tenemos que encontrar una interpretación física a la ecuación $F = m \cdot g$.

Vemos que esta ecuación es similar a la expresión usada para sacar el peso de un cuerpo, sin embargo hay algunas diferencias importantes, mientras que $P = m \cdot g$ es el valor de la Fuerza con la que la Tierra atrae a un cuerpo, $F = m \cdot g$ permite calcular la fuerza que un cuerpo cualquiera de masa M ejerce sobre un objeto situado a una distancia cualquiera R . Esta fuerza es el producto de la masa del objeto por una constante g que es la intensidad del campo gravitatorio en ese lugar. Podemos interpretar físicamente como que el cuerpo de masa M ha creado su propio campo gravitatorio alrededor suyo, ahora bien, ¿en qué se manifiesta ese campo gravitatorio?, en que sobre cualquier objeto que esté dentro de ese campo gravitatorio actuará una fuerza.



¿De qué factores depende la fuerza que actúa sobre el objeto? Por una parte depende de la masa del objeto y por otra de donde esté situado el mismo. Si está cerca del cuerpo que produce el campo la fuerza será grande, pues la intensidad del campo gravitatorio es grande.

Podemos darle a la expresión $F = m \cdot g$ un carácter vectorial. Ya sabemos que la fuerza F es un vector, como m es

un escalar, entonces g también deberá ser una magnitud vectorial (por lo que vimos cuando estudiamos producto de un escalar por un vector, g tendrá la dirección vertical y dirigida hacia el centro de la Tierra, por lo que F tendrá igual dirección y sentido que g).

Pero podemos pensar en otro tipo de interacción, que no sea a distancia. Esa interacción, que se manifiesta en la caída del cuerpo con una aceleración $\vec{g}$, cuando es dejado en libertad (caída libre). Por ejemplo en ese caso, si dejamos caer una pelota y analizamos por Segunda Ley de Newton: $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$, la aceleración es

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m},$$

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 sometido a la aceleración de la gravedad g pudiendo ser su velocidad inicial nula o no. Como en el ejemplo del libro que cae en leyes del movimiento.

Si se arroja una pelota hacia arriba como muestra la figura.

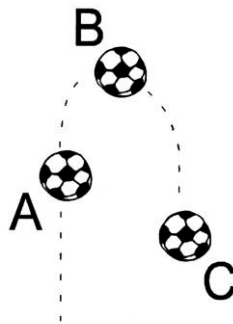


Fig. 55.

Nos preguntamos ¿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 $g = 9,81m/s^2$.

- ¿Cuál es su masa?
- ¿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?
- ¿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) 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?

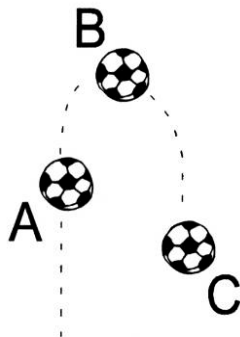


Fig. 56.

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: menor, igual o mayor que en A?

5) Se arroja una pelota en un partido de béisbol de valor v_0 cuyas componentes iniciales son: la vertical de $30m/s$ y la horizontal de $5m/s$. Si medimos intervalos de tiempo de 1 segundo que ocurre con ambos componentes de las velocidades ¿Se verán afectados? ¿Cambian? ¿Quién los hace cambiar? Represente la situación y trate de usar los conceptos vistos para hacer los cálculos correspondientes.

← Volver

A modo de cierre parcial de esta primer etapa...

Deseamos que la propuesta que se ha trabajado a lo largo de esta etapa presencial haya servido como disparador del “espíritu inquieto” que debe caracterizar a un proceso de enseñanza-aprendizaje universitario.... Donde las preguntas son la búsqueda de lograr una autoevaluación y que pretenden motivar las ansias de progresar en el aprendizaje.

Sabemos que no todos han tenido la oportunidad de trabajar preguntándose y cuestionándose conceptos de Física. La mayoría de las veces puede haber parecido que todo estaba hecho y que era así, sí o sí, y solo había que usar las fórmulas como receta.

La intención y una práctica necesaria para coronar un buen tránsito por el primer año consiste en organizarse, argumentar y aprender a usar las formulas mediante un proceso lógico-deductivo, junto al esfuerzo y compromiso que requiere el intentar hacer realidad los sueños de ser profesionales.

Para ello es menester que mediante el estudio puedas afirmar tus acciones y deducciones, conocer y poder hacer demostraciones sencillas que permitan explicar en forma fluida el problema para que nos ayude en el análisis y de ser posible nos

permita predecir un movimiento sencillo como los que hemos visto

Hacia dónde vamos....

En el primer cuatrimestre ya en el cursado del primer año, tendrás Introducción a la Física que permitirá avanzar y profundizar en los cálculos de sistemas de partículas sencillos a través del uso de la dinámica (Leyes de Newton) y hacer una mejor descripción de distintos sistemas en movimiento a través del uso de ecuaciones de cinemáticas, donde el uso de herramientas de matemática como ecuaciones, funciones trigonométricas, lineales y parabólicas.

La regularidad en introducción a la Física te permitirá cursar Física en el segundo cuatrimestre donde ya trabajaremos con modelos de sistemas de partículas y otros principios de conservación tales como la energía, la cantidad de movimiento lineal y la angular, en donde las fuerzas pueden ser constantes o variables.

De allí que estos primeros cimientos durante el ingreso, son importantes de consolidar y afianzar. Para este logro confiamos en que este trabajo haya servido en despertarte la inquietud por saber más, ya que es importante el compromiso y esfuerzo por superarse y cambiar porque hemos comprobado que la capacidad de éxito está vigente en cada uno de Uds.

[← Volver](#)



Referencias de videos

A continuación se detallan las direcciones completas de los videos incluidos en este material.

La historia de la física en 4 minutos

<http://www.poramoralaciencia.com/2014/09/29/la-historia-de-la-fisica-en-4-minutos/>

¿Quién fue Albert Einstein?

<https://www.youtube.com/watch?v=c6GiJ1IP6tc>

El momento p

http://youtu.be/-ySQCK6_bwl

Cómo actúan las fuerzas físicas

<https://www.youtube.com/watch?v=WMdmFgOdE-w>

La física imposible de los dibujos animados

http://www.educ.ar/recursos/ver?rec_id=90630

Las Leyes de Newton en 2 minutos

https://www.youtube.com/watch?v=_X-BTbwj3xU

La historia del 1

<https://www.youtube.com/watch?v=EHv3fJ6k6Xw>

Minuto de Física

<https://www.youtube.com/watch?v=eDElh75Vq3c>

[← Volver](#)