

APUNTES FUERZA Y MOVIMIENTO 2º medio



EQUIPO ELABORADOR

Dra. Carla Hernández

Investigadora Principal
Académica del Departamento de
Física de la Universidad de Santiago
de Chile

Dra. Silvia Tecpan

Co-Investigadora
Académica del Departamento de
Física de la Universidad de Santiago
de Chile

Felipe Córdova

Tesista
Alumno de Pedagogía en Física
y Matemática, Universidad de
Santiago de Chile

Felipe Salinas

Tesista
Alumno de Pedagogía en Física
y Matemática, Universidad de
Santiago de Chile

César Moncada

Profesor de Física, Comunidad
docente del Proyecto
Complejo Educacional Juanita
Fernández Solar

**PROFESORES
COLABORADORES Y
PARTICIPANTES DE LA
COMUNIDAD DOCENTE DEL
PROYECTO**

Carolina Bustamante
Elizabeth Barra
Émely Urbina
Isabel Quintrileo
Javier Castro
Nelson Villalba
Pamela Mondaca
Patricio Farfán

Diseño y diagramación

Valentina Iriarte

El presente documento ha sido construido en el marco del proyecto Fondecyt de Iniciación N° 11170580 titulado “Impacto del aprendizaje activo sobre la autoeficacia y conocimiento de los estudiantes de enseñanza media en física, con perspectiva de género”, como un apoyo a las clases de física implementadas por las y los profesores de física que han participado de este proyecto y que hoy forman parte de nuestra Comunidad de Desarrollo Profesional Docente en Física.

El apunte constituye un recurso complementario para el aprendizaje activo de la física en la escuela, aportando una base conceptual necesaria para que las y los estudiantes puedan consultar antes y después de cada una de sus clases de física, que son realizadas 100% basadas en estrategias de aprendizaje activo y colaborativo, en coherencia con un modelo de aula invertida.

Esperamos que su uso pueda ser de utilidad a cualquier docente de física que quiera “sacar del aula” la exposición magistral de contenidos, y centrar así el proceso de enseñanza en el estudiante y las interacciones que durante la clase puedan potenciar un real aprendizaje activo.



DEPARTAMENTO DE FÍSICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE



UNIDAD FUERZA Y MOVIMIENTO

2º medio

El concepto de fuerza es utilizado de muchas maneras en el diario vivir, algunos de estos usos al contrario de esclarecer el concepto, pueden dificultar aún más su entendimiento. La idea errónea de que la fuerza es algo que se posee o que te acompaña siempre es muy recurrente, incluso formando parte de una frase icónica de una de las sagas más importantes del cine: “*que la fuerza te acompañe*” (en Star Wars®) ¿Es posible realmente que “una fuerza” sea algo que te acompañe?

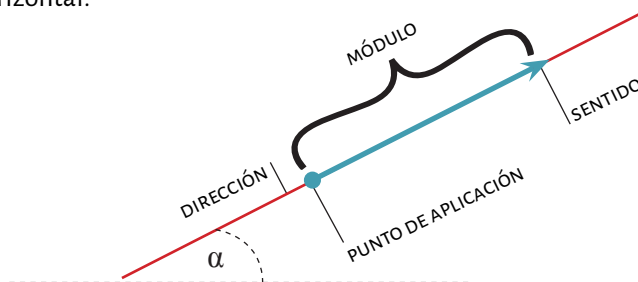
La fuerza no es algo intrínseco de un cuerpo u objeto, pero éstos tienen la capacidad de poder ejercer fuerzas. Por lo tanto, es incorrecto usar la palabra fuerza para decir frases como: *Francisca es más fuerte que Catalina*. En su lugar, se puede decir que Francisca ha ejercido una mayor fuerza que Catalina.

En esta unidad estudiaremos el concepto de movimiento como causa del movimiento, lo cuál corresponde al área de la física llamada Dinámica.

1. CONCEPTO DE FUERZA

Fuerza es una magnitud física vectorial que surge producto de la interacción entre dos o más objetos, por lo tanto, siempre actúan en pares.

Al ser un vector, las fuerzas se representan por medio de una flecha cuyo tamaño o longitud representa el módulo de la fuerza, también llamada intensidad de la fuerza. El extremo de la flecha representa el sentido y la recta sobre la cual se dibuja el vector es su dirección. En algunos casos puede ser horizontal o vertical, o bien, si está inclinado, formará un cierto ángulo α respecto a la horizontal.



Para nombrar un vector, se utiliza una letra mayúscula con una pequeña flecha sobre ella, por ejemplo, un vector Fuerza se llamaría \vec{F}

Las fuerzas se miden en el Sistema Internacional en una unidad llamada Newton (N), en honor al físico inglés Isaac Newton y su equivalencia es:

$$1N = 1 \frac{Kg \cdot m}{s^2}$$

2. EFECTOS DE LAS FUERZAS

El hecho de que un cuerpo esté sometido a una fuerza producirá que éste pueda tanto cambiar su forma, como su estado de movimiento.

Con respecto al cambio de forma, es posible que el cuerpo vuelva a retomar su forma inicial luego de ser sometido a una fuerza dependiendo del material del cuál esté constituido. Por ejemplo, aplicar una fuerza sobre un elástico permite que éste se estire o se deforme, pero vuelve a su forma original cuando la fuerza cesa. En cambio, si sobre una figura de vidrio se aplica una fuerza, éste se rompe y no regresa a su forma original.

Por otra parte, cuando un objeto está en reposo y se le aplica una fuerza, éste puede comenzar a moverse. A la vez, un objeto en movimiento puede detenerse o incluso cambiar la dirección de su movimiento si sobre él actúa alguna fuerza.

3. TIPOS DE FUERZA

Según los cuerpos que interactúan y las fuerzas que ejercen sobre otros cuerpos, éstas se clasifican en dos tipos; **fuerzas de acción a distancia** o **fuerzas de contacto**.

3.1. FUERZAS A DISTANCIA

Las fuerzas a distancia son todas aquellas que se ejercen sin necesidad de que los cuerpos que interactúan estén en contacto directo.

Cómo principal ejemplo encontramos la fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre objetos cercanos, producto de lo cual, cualquier objeto en las cercanías de la Tierra se siente atraído hacia su centro. Esta fuerza es la causante de que todos los objetos tiendan a caer. Habitualmente, esta fuerza es llamada Peso (\vec{P}) y siempre actúa en dirección vertical y sentido hacia el suelo.



3.1.1. FUERZA PESO

En la vida cotidiana todos hemos experimentado que si desde una cierta altura se suelta un objeto, este caerá en dirección hacia el suelo. Los objetos al soltarse caen con una aceleración que se conoce como **aceleración de gravedad** y que se simboliza como: \vec{g}

El valor de la aceleración de gravedad depende de la masa de la Tierra y en sus cercanías tiene un valor constante aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$.

En la tabla puedes comparar el valor de la aceleración de gravedad de nuestro planeta con el de otros planetas del Sistema Solar.

Lugar	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
Mercurio	2,8
Venus	8,9
Tierra	9,8
Marte	3,7
Jupiter	22,9
Saturno	9,1
Urano	7,8
Neptuno	11,0
Luna	1,6

3.2. FUERZAS DE CONTACTO

Las fuerzas de contacto son aquellas en las que los objetos se encuentran en contacto directo y las fuerzas se ejercen sobre sus respectivas superficies.

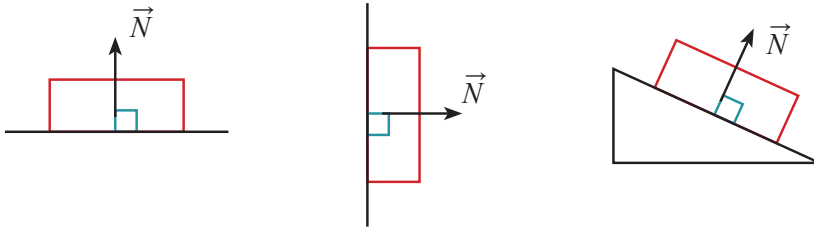
3.2.1. FUERZA NORMAL

La fuerza normal es la fuerza que las superficies ejercen entre sí, y que impiden a los objetos sólidos traspasarse entre sí.

La fuerza normal es una fuerza de contacto. Si dos superficies no están en contacto, no pueden ejercer fuerza normal una sobre la otra. Por ejemplo, las superficies de una mesa y una caja no ejercen fuerza normal la una sobre la otra si no están en contacto.

En este contexto, el nombre de la fuerza “Normal” se refiere a que es perpendicular. Esto es porque la fuerza normal, usualmente representada por \vec{N} , es una fuerza que siempre actúa en dirección perpendicular a las superficies en contacto.

En la siguiente figura puedes ver representadas la fuerza Normal que distintas superficies ejercen sobre un objeto en contacto con ellas, y que independiente de la orientación de la superficie, la fuerza siempre es perpendicular.



3.2.2. FUERZA DE ROCE

Cuando se está en contacto en algún medio o alguna superficie, existe algo entre los dos medios que interactúan que impide que el movimiento sea libre, es decir que existe una resistencia entre ellos, a esta resistencia se le conoce como fuerza de fricción, roce o simplemente rozamiento. Esta fuerza es muy necesaria para el movimiento, ya que sin ella no se podría caminar, ni las ruedas de los vehículos podrían girar.

Existen dos fuerzas de roce; la fuerza de roce estático y la fuerza de roce cinético.

La fuerza de roce estático aparece cada vez que intentas mover un objeto sobre una superficie y desde el reposo. Esta fuerza actúa durante todo el tiempo en que las superficies están en contacto antes de que el objeto se ponga en movimiento y se puede calcular con la siguiente expresión matemática:

$$f_e = \mu_e N$$

Donde f_e es la magnitud de la fuerza de roce estático, μ_e es el coeficiente de roce estático el cual depende de la naturaleza de las superficies que están en contacto y N es la magnitud de la fuerza normal que ejerce una superficie sobre la otra.

La segunda fuerza de roce que existe es la fuerza de roce cinética, la cual aparece cuando las superficies en contacto están en movimiento:

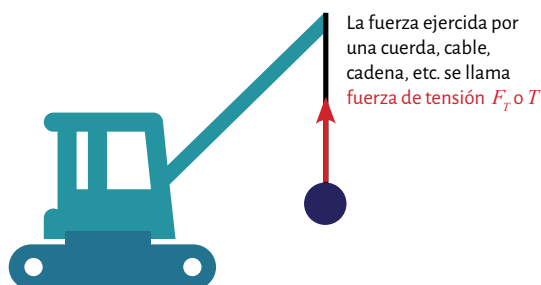
$$f_k = \mu_k N$$

Donde f_k es la magnitud de la fuerza de fricción cinética, N es la magnitud de la fuerza normal que ejerce una superficie sobre la otra y μ_k es el coeficiente de fricción cinético, este coeficiente puede variar con la rapidez.

En los experimentos que se han realizado, los resultados que se han obtenidos de ellos destacan que μ_k es menor que μ_e y que μ_k es casi constante para velocidades de varios metros por segundo (Serway, Jewett & González, 2015; Tipler & Mosca, 2007).

3.2.3. FUERZA DE TENSIÓN

Todos los objetos físicos que están en contacto pueden ejercer fuerzas entre ellos. A estas fuerzas de contacto les damos diferentes nombres, basados en los diferentes tipos de objetos en contacto. Si la fuerza es ejercida por una cuerda, un hilo, una cadena o un cable, la llamamos tensión.



La Fuerza de tensión (\vec{T}) surge cuando la fuerza es ejercida a través de una cuerda, cable o similar, sobre un objeto.

Las cuerdas y los cables son útiles para ejercer fuerzas, ya que pueden transferir una fuerza de manera eficiente sobre una distancia significativa. Un trineo puede ser jalado por un equipo de perros siberianos por medio de cuerdas atadas a estos, que les permiten correr con un mayor rango de movimiento comparado con el que tendrían si tuvieran que empujar el trineo por su parte trasera usando la fuerza normal.

Es importante observar que la tensión es una fuerza de tracción, pues las cuerdas no pueden empujar de forma efectiva. Tratar de empujar con una cuerda provocaría que se afloje y pierda la tensión que le permitiría jalar en primer lugar.

4. PARES DE FUERZA

Pensemos en el caso de la interacción entre un objeto que está en las cercanías de la Tierra. La fuerza de atracción gravitatoria que llamamos Peso ($\vec{m}g$) la fuerza con que la Tierra atrae a los objetos hacia su centro. Sin embargo, los cuerpos también ejercen una fuerza de atracción sobre la Tierra, de igual magnitud y dirección pero sentido contrario, sólo que no lo percibimos dada la gran diferencia de masas.

Si la Tierra ejerce una fuerza sobre los objetos, éstos también ejercen una fuerza sobre la Tierra, por el principio de acción y reacción. Ambas fuerzas constituyen un par acción y reacción.

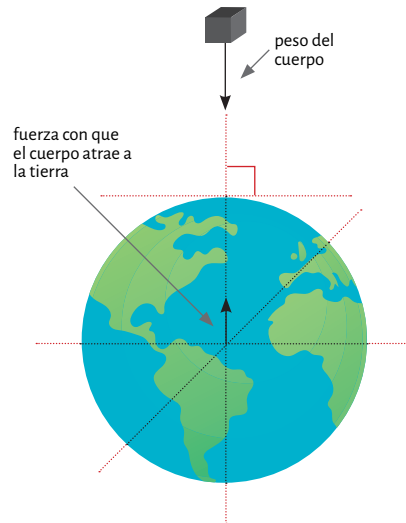
El concepto *par de fuerza* es clave para entender uno de los principios de movimiento postulados por Isaac Newton en el siglo XVII conocido como el Principio de Acción y Reacción o Tercera Ley de Newton.

Según este principio, cuando un cuerpo 1 (m_1) ejerce una fuerza sobre un cuerpo 2 (m_2), éste ejerce sobre el cuerpo 1, simultáneamente, una fuerza de igual magnitud y dirección, pero sentido opuesto.



En la figura, \vec{F}_{2-1} es la fuerza que el objeto 2 ejerce sobre el objeto 1. Es de igual magnitud y dirección que \vec{F}_{1-2} que es la fuerza que el objeto 1 ejerce sobre el objeto 2, sólo que con sentidos contrarios.

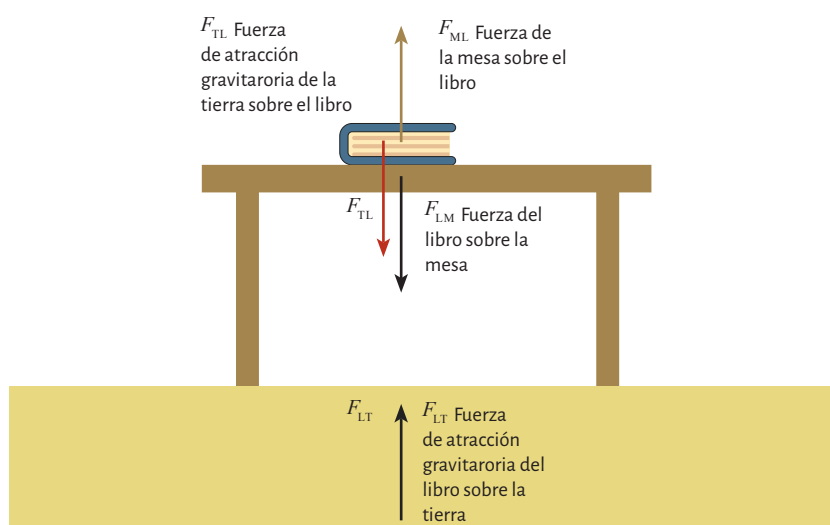
De este principio se define un par de fuerza como un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad o módulo, pero de sentidos contrarios y que son aplicadas simultáneamente sobre objetos diferentes. En la figura, \vec{F}_{2-1} y \vec{F}_{1-2} constituyen un par de fuerzas.



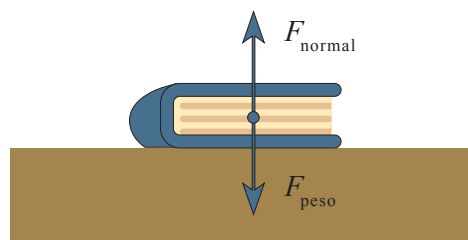
5. REPRESENTACIÓN DE LAS FUERZAS

Para representar las fuerzas se dibujan flechas sobre el objeto en qué estas actúan, sin embargo, es importante identificar siempre quienes son los sujetos que interactúan en cada caso.

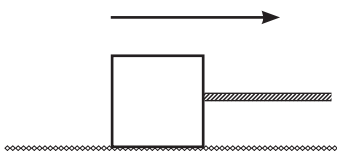
Para analizar las fuerzas que un objeto ejerce sobre otro, utilizaremos un **Diagrama de fuerzas**. Por ejemplo, para analizar el caso de un libro que reposa sobre una mesa consideremos que hay tres sujetos interactuando: El libro, la mesa y la Tierra.



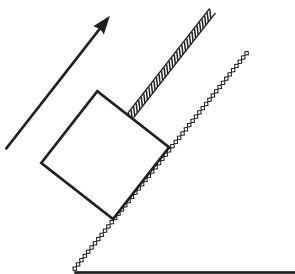
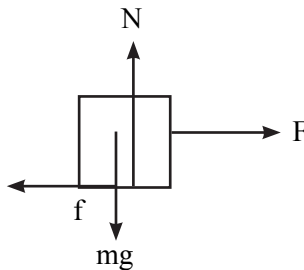
Luego, si queremos analizar el caso de un solo objeto, construiremos un **Diagrama de cuerpo libre**. Para ello, aislamos el objeto del sistema, y analizamos sólo las fuerzas que están actuando sobre él, independiente de quien las ejerce. Por ejemplo, el diagrama de cuerpo libre para el libro sobre la mesa sería:



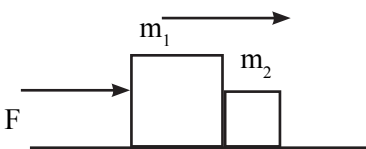
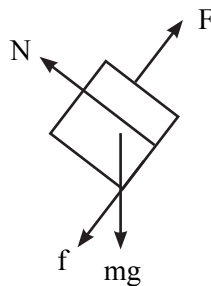
En la siguiente figura aparecen otros ejemplos de diagramas de cuerpo libre:



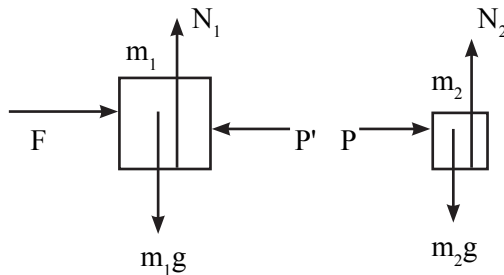
Bloque arrastrado hacia la derecha sobre una superficie horizontal rugosa.



Bloque arrastrado hacia arriba sobre un plano inclinado rugoso.

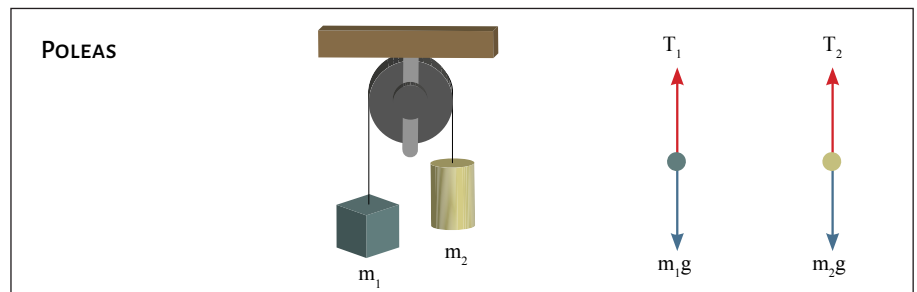
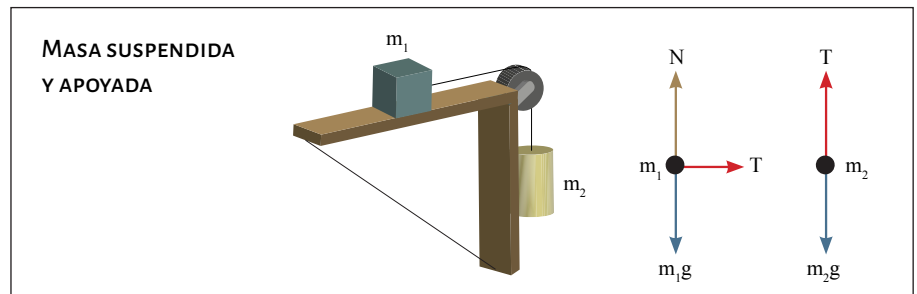
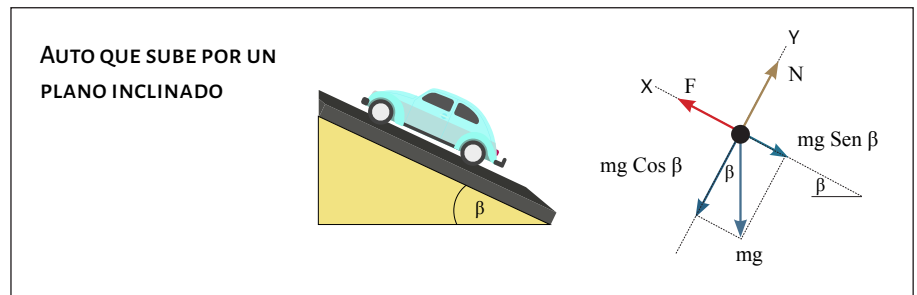
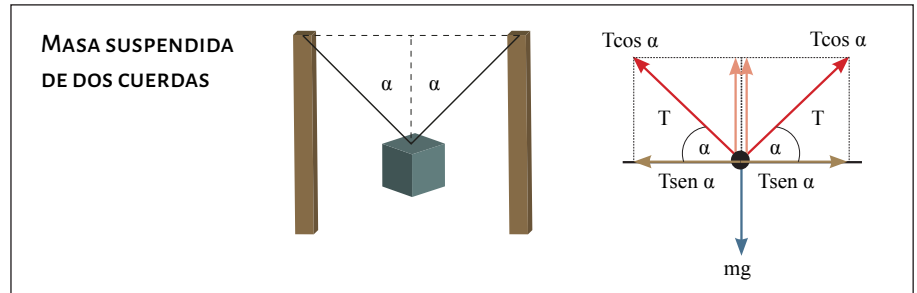


Bloques en contacto empujados hacia la derecha sobre una superficie sin fricción.



Note que P' y P son un par acción-reacción, esto es, la fuerza (P') que el bloque m_2 hace sobre m_1 , es igual en magnitud y de sentido contrario a la fuerza (P) que el bloque m_1 hace sobre m_2 . $P=P'$

Otros casos de estudio:

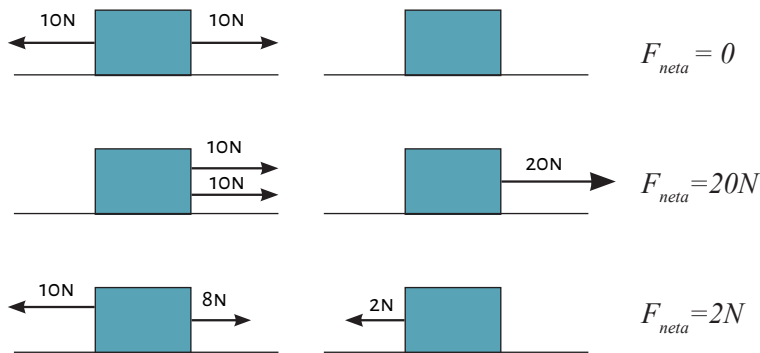


6. FUERZA NETA O RESULTANTE

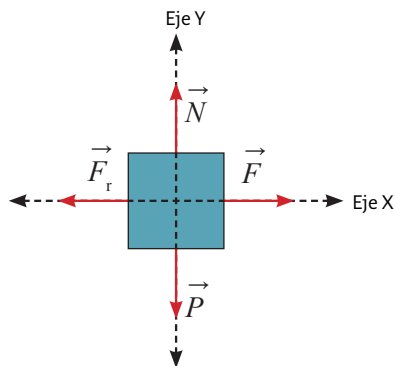
Cuando sobre un objeto actúan varias fuerzas, los efectos dependerán de la dirección y magnitud de la *fuerza resultante* o también llamada Fuerza neta, que corresponde a la suma vectorial de todas las fuerzas.

$$\vec{F}_{neta} = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Algunos ejemplos de fuerza neta:



Cuando sobre un objeto actúan varias fuerzas pero en diferentes direcciones, la Fuerza Neta tendrá una componente horizontal y una vertical:



$$\Sigma \vec{F} = \Sigma \vec{F}_x + \Sigma \vec{F}_y$$

donde: $\Sigma \vec{F}_x = \vec{F} + \vec{F}_r$

$$\Sigma \vec{F}_y = \vec{N} + \vec{P}$$



A continuación se presentarán en detalle en qué consisten los tres Principios de movimiento de Newton.

7. PRINCIPIOS DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

Como se mencionó anteriormente Isaac Newton en el siglo XVII creó tres principios que cambiaron totalmente el paradigma respecto a fuerza hasta ese entonces, permitiendo así explicar correctamente la naturaleza de la dinámica. Estas tres leyes fueron las siguientes:

7.1. PRIMER PRINCIPIO DE NEWTON

En este principio se introduce el concepto de Inercia, como la tendencia de un objeto a mantener su estado de reposo o movimiento. El primer principio estipula que “Todo cuerpo en reposo sigue en reposo a menos que sobre él actúe una fuerza externa. Un cuerpo en movimiento continúa moviéndose con velocidad constante a menos que sobre él actúe una fuerza externa” (Tipler & Mosca p.79, 2007).

Cuando estas en un vehículo que acelera bruscamente, se siente un empujón hacia la parte trasera del vehículo. Del mismo modo, cuando vehículo está en movimiento y frena bruscamente, tu cuerpo se mueve hacia adelante porque tiende a continuar a movimiento (Serway, Jewett & González, 2015).

Como ejemplo puedes considerar el caso cuando se aplica una fuerza a un objeto que reposa sobre una superficie lisa y sin roce, por ejemplo, una pista de hielo, el objeto continuará su movimiento hasta que otra fuerza externa actúe sobre él y lo detenga.

También en el espacio, donde hay ausencia de un medio material y por ende de roce, cualquier objeto sobre el que actúe una fuerza externa continuará moviéndose “infinitamente” hasta que alguna otra fuerza actúe sobre el.

7.2. SEGUNDO PRINCIPIO DE NEWTON.

Previo a mencionar la segunda ley de Newton es importante definir la masa, debido a que esta es una de las variables principales en el estudio de las fuerzas.

Masa se define como una propiedad de un objeto, la cual hace referencia a la resistencia que el mismo presenta para modificar su velocidad, es decir, a mayor masa mas difícil es cambiar el estado de movimiento o reposo de un objeto. Experimentalmente se ha demostrado que mientras mayor es la masa de un objeto, la aceleración que presenta este frente a la acción de una fuerza conocida será menor (Serway, Jewett, & González, 2015).

Del mismo modo, se ha investigado que las aceleraciones que experimenta un cuerpo son proporcionales a las fuerzas externas que actúan sobre él.

Por lo anterior, el segundo principio de Newton estipula que existe una relación entre la masa del objeto, las fuerzas que actúan sobre él y la aceleración que adquiere producto de dichas fuerzas. Esto se expresa matemáticamente como:

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

Cuando sobre un objeto actúa más de una fuerza, el segundo principio estipula que la aceleración del objeto tiene la misma dirección que la fuerza externa neta (o resultante) que actúa sobre él:

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

En el caso de la fuerza peso, cuando la Tierra ejerce una fuerza sobre los objetos éstos aceleran de acuerdo a la aceleración de gravedad. Generalmente las personas tienden a pensar que el peso es una medida de masa, pero realmente es una medida de fuerza que está estrechamente relacionado con la masa. Por el segundo principio de Newton y considerando $\vec{a} = \vec{g}$ se tiene que:

$$\vec{F} = m\vec{g} = \vec{P}$$

Donde m es la masa del objeto, g la aceleración de gravedad y F es la fuerza que ejerce la tierra sobre el objeto.

Observe que cuando el objeto está en reposo o se mueve con velocidad constante, la aceleración es cero y por lo tanto:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

7.3. TERCER PRINCIPIO DE NEWTON.

Como se presentó anteriormente, este principio hace referencia a la importancia de los pares de fuerzas y e indica que “Las fuerzas siempre actúan por pares iguales y opuestos. Si el cuerpo A ejerce una fuerza \vec{F}_{a-b} sobre el cuerpo B, éste ejerce una fuerza igual, pero opuesta \vec{F}_{b-a} sobre el cuerpo A” (Tipler & Mosca p.80, 2007)

$$\vec{F}_{a-b} = \vec{F}_{b-a}$$



Si bien la complejidad de esta ecuación es baja, la dificultad que genera es elevada ya que como se mencionó anteriormente suele mal entenderse, generando así errores conceptuales que dificultan la comprensión newtoniana de las fuerzas. Por esto es importante destacar el hecho de que la fuerza se debe mencionar que es la fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro. Por ejemplo, la fuerza gravitatoria es la fuerza que ejerce la tierra sobre una persona u objeto.

8. DIÁLOGOS DE GALILEO GALILEI

Galileo Galilei fue el primero en comprender que la naturaleza de las superficies materiales intervenía en el movimiento de los cuerpos. Su razonamiento los presentó en forma de diálogos entre dos amigos, Simplicio y Salviati.

Cierto día Salviati preparó un experimento para mostrárselo a su amigo Simplicio. Consistía en un riel curvo por el cual podía rodar una bolita que se podía soltar desde cualquier punto del riel, como se indica en la figura.



Al llegar su amigo, se estableció el siguiente diálogo:

Salviati: ¿Qué crees tu, Simplicio, que sucederá si yo suelto esta bolita desde el punto más alto del riel?

Simplicio: Sin duda que bajará rodando para luego subir hasta el otro extremo.

Salviati: ¿Hasta llegar a la misma altura de donde fue soltada?

Simplicio: Por supuesto que no, nunca llegará hasta la misma altura.

Salviati: ¿Por qué crees tu que no llegara hasta la misma altura?

Simplicio: Debido a las imperfecciones del riel y de la bolita.

Salviati: Pero, ¿y si suponemos que tanto el riel como la bolita están hechos de un material ideal perfectamente rígido y extremadamente pulido?

Simplicio: Bueno, en ese caso creo que llegaría hasta la misma altura.

Salviati: ¿Aunque el tramo más bajo del riel fuese muy largo, como el de la figura siguiente?

Simplicio: Si todo el riel estuviese hecho con el mismo material ideal, la bolita debería llegar hasta la misma altura, sin importar si el tramo horizontal fuese infinitamente largo.

Proyecto FONDECYT de iniciación N° 11170580

Salviati: ¿Y qué tipo de movimiento tendría la bolita en el tramo horizontal?

Simplicio: Creo que debería tener velocidad constante.

Salviati: Cuidado con lo que dices, Semplicio, porque no hay un agente externo empujando la bolita.

Simplicio: En ese caso no se necesita ningún agente externo ya que, como dijimos, las superficies en contacto son rígidas, no se gastan y están perfectamente pulidas.

Salviati: Podemos concluir, entonces, que en condiciones ideales, para que un cuerpo se mueva con velocidad constante, no se requiere de una fuerza que actúe sobre él.



Simplicio: Creo que esa es la conclusión más acertada.

Salviati: Y si pensamos en forma inversa, ¿qué podemos decir del estado de movimiento de un cuerpo sobre el cual no actúan fuerzas?

Simplicio: Entonces si sobre un cuerpo en reposo no actúan fuerzas, debería permanecer en reposo, y si el cuerpo ya estaba en movimiento, debería continuar moviéndose con velocidad constante.

Del diálogo entre Semplicio y Salviati obtenemos parte del principio de inercia o primer principio de Newton:

“SI SOBRE UN CUERPO NO ACTUAN FUERZAS, ENTONCES, EL CUERPO O ESTÁ EN REPOSO O SE MUEVE CON VELOCIDAD CONSTANTE”.

Simplicio: Ya dejamos establecido que si sobre un cuerpo en reposo no actúan fuerzas, debe permanecer en reposo, y si el cuerpo ya estaba en movimiento, deberá continuar moviéndose con velocidad constante.

Salviati: ¿Y no podría ser un movimiento circunferencial uniforme?

Simplicio: No, porque como vimos anteriormente, el movimiento circunferencial uniforme es un movimiento acelerado.

Salviati: ¿Y qué produce la aceleración de los cuerpos?



Simplicio: Si aceptamos que causas iguales producen efectos iguales, entonces deberían ser las fuerzas.

Salviati: ¿Por qué haces esa afirmación?

Simplicio: Porque en el caso de la caída libre de los cuerpos, concluimos que caen acelerando bajo la acción de su propio peso.

Salviati: Entonces estaremos de acuerdo en que la idea general es “si un cuerpo tiene un movimiento acelerado, entonces existe una fuerza neta actuando sobre él”.

Simplicio: Y viceversa, “si existe una fuerza neta actuando sobre un cuerpo, entonces este tendrá un movimiento acelerado”.

Salviati: Si experimentalmente verificamos, que en ausencia de roce con el aire todos los cuerpos caen con la misma aceleración g , y ahora sabemos que en ese caso, la única fuerza que actúa sobre el cuerpo es su propio peso. ¿Cómo podemos entonces explicarnos el hecho que cuerpos con distinto peso caen con la misma aceleración?

Simplicio: Como el peso de un cuerpo es proporcional a su masa, para comprender la caída libre, debemos suponer que la aceleración que adquiere un cuerpo bajo la acción de su peso tiene que ser inversamente proporcional a su masa.

Salviati: Revisemos más detenidamente tu hipótesis, sabemos que la aceleración de caída de todos los cuerpos es g , escribimos entonces $a = g$. Luego, si multiplicamos ambos miembros de la igualdad por la masa m del cuerpo, tendremos que $ma = mg$. de modo que si llamamos mg al peso del cuerpo efectivamente tendremos que la aceleración en caída libre será

$$a = \text{peso}/m$$

y tendrá el mismo valor para todos los cuerpos.

Como el peso del cuerpo corresponde a la fuerza neta que actúa sobre él, entonces podemos escribir $m \cdot a = F_{\text{neta}}$, o lo que es lo mismo:

$$F_{\text{neta}} = m \cdot a$$

La generalización del resultado anterior constituye el segundo principio de Newton:

“LA ACELERACIÓN QUE EXPERIMENTA UN CUERPO BAJO LA ACCIÓN DE UNA FUERZA NETA, ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA FUERZA NETA, E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A SU MASA”.

Este documento ha sido creado en el marco del proyecto FONDECYT N°11170580 como apoyo para la docencia en clases de física de enseñanza media, sobre todo para quienes requieren una base conceptual que complemente el uso de estrategias de aprendizaje activo.

Se permite su uso y divulgación sin fines comerciales ya que algunas imágenes utilizadas están sujetas a derechos de autor.

didacticadela fisica.cl



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

didacticadela fisica.cl

Con la colaboración de la Vicerrectoría
de Vinculación con el Medio de la
Universidad de Santiago de Chile



VICERRECTORÍA
DE VINCULACIÓN
CON EL MEDIO
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE