

ÍNDICE

DINÁMICA DE TRASLACIÓN	1
Concepto de Fuerza.....	1
Efectos Mecánicos	1
Concepto de Inercia	2
El Principio de Relatividad.....	2
Leyes de Newton o Principios de la Dinámica	2
El Principio de Inercia o Primera Ley de Newton.....	3
El principio de masa, Segunda Ley de Newton o.....	3
Ley Fundamental de la Dinámica	3
Ejemplos de la segunda Ley de Newton	4
El Principio de Interacción o Principio de Acción y Reacción	5
Campo Gravitatorio	6
Diferencias entre PESO y MASA.....	6
Ejemplos de Campo Gravitatorio.....	7
Algunos Tipos de Fuerzas	7
Fuerzas de Fricción	7
Fuerzas Elásticas: La ley de Hooke:	8
Fuerzas Eléctricas	9
La Ley de Coulomb.....	9
Fuerzas Nucleares	10
Partículas elementales	10
Sistema de Unidades	10
Ejercicios y Problemas	11

DINÁMICA DE TRASLACIÓN

Concepto de Fuerza

Cuando se estudió el movimiento (cinemática) no nos ocupamos de las causas que lo producen, aquí no sólo nos ocuparemos de éstas sino que además estudiaremos la relación (2ª ley de Newton) que existe entre las causas (fuerza \vec{F}) y los efectos (movimiento).

Podemos decir que el resultado de la **interacción** entre un objeto y su medio circundante es lo que denominamos **fuerza**. La fuerza que actúa sobre un cuerpo puede deformarlo, cambiar su estado de movimiento, o ambas cosas.

Debemos decir que las interacciones conocidas en la naturaleza son: 1) *la fuerza gravitatoria*, que aparecen entre los objetos a causa de sus masas, 2) *la fuerza electromagnética*, debidas a las cargas eléctricas, polos de un imán y o corrientes eléctricas, 3) *las fuerzas nucleares fuertes* y 4) *las fuerzas nucleares débiles*, que dominan las interacciones entre las partículas subatómicas si están separadas por distancias menores que unos 10^{-15} [m].

Puede incluso que este grado de clasificación sea innecesariamente grande; el sueño de los físicos es encontrar una idea unificadora que permita reconocer todas estas fuerzas como aspectos de una misma cosa. De hecho Albert Einstein dedicó la mayor parte de sus últimos años a este problema sin resultado; en la actualidad parece de sentido y conveniente la aceptación de varias clases diferentes de fuerzas.

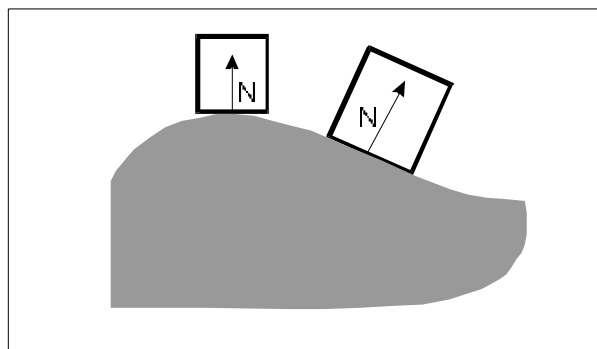
De las cuatro fuerzas fundamentales, dos de ellas operan en la escala del núcleo atómico, pero producen enormes efectos observables. Estas son las **fuerzas nucleares débiles y fuertes**.

La **fuerzas electromagnéticas** operan en toda la escala de distancias y se manifiestan como fuerzas de contacto (rozamiento, elasticidad, golpes, etc.), reacciones químicas de todo tipo, fenómenos luminosos y calóricos, y en cada dispositivo eléctrico o electrónico. Pueden ser de repulsión o de atracción.

En cambio en la dimensión cósmica dominan las **fuerzas gravitatorias**, entre planetas, galaxias o estrellas. También se registran en todo fenómeno de nuestra experiencia terrestre asociada a la caída de los cuerpos, cursos de agua, proyectiles, tropismos, etc.

La acción combinada de estas fuerzas fundamentales producen efectos que se asocian con fuerzas específicas o derivadas. Tales como la elástica, de rozamiento y fuerzas de vínculo.

Las fuerzas de vínculo impiden que un cuerpo acceda a una determinada región del espacio: si se empuja una pared, ésta impide pasar al otro lado; un cuerpo apoyado no puede atravesar el piso o la mesa que lo sustenta; una lámpara de techo es retenida por una cadena; un carrito de una montaña rusa no puede salirse del riel. En todos los casos la fuerza de vínculo es perpendicular a la superficie de contacto entre los cuerpos, por lo que generalmente las llamaremos "**normales**"



Efectos Mecánicos

El efecto más evidente de una fuerza es *poner en movimiento un objeto*: patear una pelota, trasladar un mueble de un lugar a otro, etc.

Por otro lado, una fuerza puede *modificar el movimiento*: al chocar dos autos, cabecear una pelota o desviar con un imán una bolita metálica en movimiento, en estos casos se altera la dirección del movimiento. También es posible acelerar o frenar un cuerpo mediante acción de fuerzas, sin desviarlo de su trayectoria. En este caso, es el módulo de la velocidad lo que se modifica; para esto, la fuerza debe actuar en una dirección paralela al movimiento.

Finalmente, una fuerza puede provocar deformaciones de los cuerpos, como comprimir un resorte, aplastar una caja, tensar un arco o cuando mares avanzan sobre la costa por la influencia de la luna (mareas).

Concepto de Inercia

Consideremos un cuerpo en reposo, o sea que la resultante de las fuerzas sea cero: un libro apoyado en una mesa, una montaña o un vehículo detenido, ¿podrá alguno de estos objetos moverse espontáneamente sin que ninguna fuerza actúe? Evidentemente que no. Por eso podemos afirmar:

“Un cuerpo en reposo permanece en reposo si ninguna fuerza actúa sobre él.”

A esta tendencia la llamamos **Inercia del Reposo** y pertenece a todos los cuerpos con masa

¿Qué ocurre cuando un cuerpo se está moviendo?, Si lanzamos una bola de *bowling* ¿Puede detenerse bruscamente a mitad de la pista?. De nuevo, la respuesta es no, el movimiento tiende a conservarse.

Sin embarco ustedes podrán decir que en una pista larga la bola de *bowling* se detendrá en algún momento, lo mismo si viajamos en un automóvil en un determinado momento desconectamos la tracción (poniendo punto muerto), el auto en algún momento se detendrá.

Pero esto ocurre por que existen fuerzas de fricción en contra del movimiento, ya sea del aire o el suelos que hacen que se frenen los objetos en cuestión.

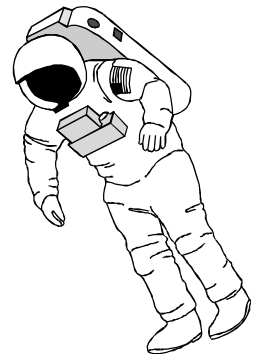
Si no existiera ninguna fuerza que los frenara, el movimiento debe conservarse , es decir que se moverá indefinidamente, y este movimiento es rectilíneo uniforme, (velocidad constante). Es decir:

“El movimiento de un sólido sobre un plano horizontal, sin fricción, no necesita de una fuerza para ser perpetuo.”

A esto es lo que denominamos **Inercia del Movimiento**

El Principio de Relatividad

Imaginemos un astronauta que se encuentra en el espacio, muy lejos de la tierra y de su nave. Él está libre de toda interacción o sea no está sometido a ninguna fuerza. Solo ve estrellas fijas y oscuridad. ¿Se dará cuenta si se está moviendo o si está quieto?. Pensemos que se está moviendo con velocidad constante (MRU), nada lo aceleraría hacia delante , ni lo frenaría, ni lo desviaría hacia un costado, entonces no sentiría nada, ¡igual que si estuviera en reposo!. El movimiento a velocidad constante y el reposo parecerían indistinguibles, y por lo tanto, equivalentes.



“No existe ningún experimento capaz de distinguir si un móvil está en reposo o se mueve con velocidad constante (MRU)”

Este enunciado se conoce como el principio de relatividad de Galileo-Einstein.

Leyes de Newton o Principios de la Dinámica

Isaac newton (1642-1727), es considerado por los historiadores como un verdadero revolucionario en lo que se refiere a las ciencias y en particular alas ciencias naturales. Tal es así que se habla de la **revolución Newtoniana**, por un lado, como así de la **Síntesis Newtoniana** por el otro, ya que sus concepciones científicas eran válidas tanto para los cuerpos celestes como para los habituales objetos y seres que poblamos la tierra, buscando así una visión global del Universo.

Con una serie de leyes muy sencillas pudo sintetizar y explicar entre otras cosas los fundamentos de la dinámica clásica, estas leyes son:

El Principio de Inercia o Primera Ley de Newton

Este principio fue enunciado formalmente por Newton en 1685 y contiene los resultados integrados de los conceptos que se discutieron anteriormente (La inercia y el principio de relatividad).

Si desde un sistema de referencia inercial¹, un cuerpo está en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme, permanecerá en ese estado, hasta que una fuerza actúe sobre él.

El cinturón de seguridad justamente evita, cuando un vehículo choca o frena de golpe, que nuestro cuerpo al querer mantener el movimiento que traía, sea despedido hacia adelante.

Un ejemplo contrario es cuando el cuerpo tiende a quedarse quieto cuando un vehículo arranca bruscamente.



do

El principio de masa, Segunda Ley de Newton o Ley Fundamental de la Dinámica

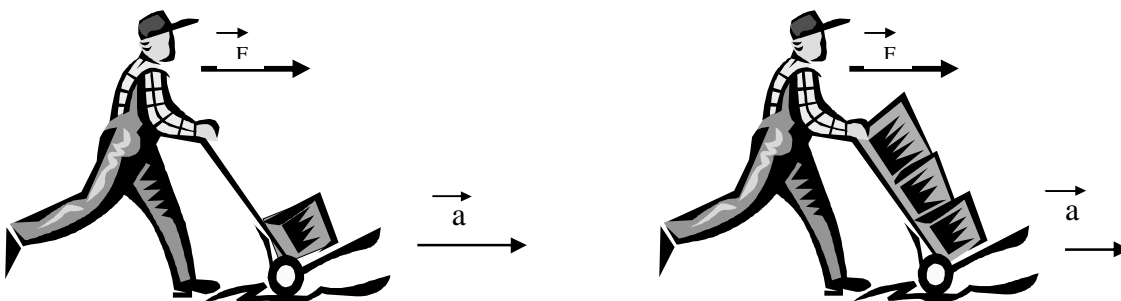
Dijimos anteriormente que, cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, cambia su velocidad en intensidad o dirección, esto significa que el cuerpo **adquiere aceleración**. La aceleración (\vec{a}) es un vector que tiene la dirección y sentido del **cambio** de velocidad.

La fuerza y la aceleración están sin duda relacionadas. Esta relación, hallada por Newton es:

$$\sum \vec{F}_{\text{aplicadas}} = m \cdot \vec{a}$$

Donde $\sum \vec{F}_{\text{aplicadas}}$ simboliza a la suma o resultante de todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo, m es la masa de dicho cuerpo, o sea la resistencia de este a cambiar de movimiento, que es una medida de la cantidad de materia del cuerpo. La ecuación anterior, contiene la siguiente información:

- La fuerza resultante y la aceleración son vectores que tienen la misma dirección y sentido.
- Si la suma de las fuerzas aplicadas es cero, entonces la aceleración es cero. (Lo que significa que el cuerpo está en reposo, o que se mueve con velocidad constante. La ley de Newton lleva implícita la primera ley)
- Si la fuerza aplicada aumenta, la aceleración aumenta proporcionalmente.
- Si se aplica la misma fuerza a dos cuerpos, uno de gran masa y otro de masa menor, el primero adquirirá una pequeña aceleración y el segundo, una aceleración mayor. (la aceleración es inversamente proporcional a la masa).



Nota: Cuando sobre un cuerpo existe una única fuerza, la expresión de la segunda ley se reduce a:

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

¹ Cuando nos referimos a *sistema de referencia inercial*, queremos denotar un sistema en el cual los observadores no están sometidos a ninguna interacción (fuerzas) y por lo tanto no están acelerados.

Ejemplos de la segunda Ley de Newton

Ejemplo 1

Se pateo una pelota con una fuerza de 1,2 N y adquiere una aceleración de 3 m/s^2 , ¿cuál es la masa de la pelota?

Datos:

$$F = 1,2 \text{ N}$$

$$a = 3 \text{ m/s}^2$$

$$m = ?$$

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{F}{a} = \frac{1,2 \text{ N}}{3 \text{ m/s}^2} = 0,4 \text{ kg}$$

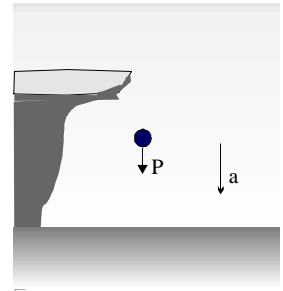


Ejemplo 2

Una piedra de masa 1 kg cae en el vacío, cerca de la superficie terrestre. ¿Cuál es la fuerza aplicada sobre ella y cuánto es su valor?

Existe a partir de las observaciones, una aceleración en dirección del centro de la tierra, que es la gravedad (g), y esta tiene un valor promedio de $9,8 \text{ m/s}^2$. Por lo tanto, según la segunda ley de Newton, debe existir una fuerza en la misma dirección. Esta fuerza vertical hacia abajo aplicada sobre la piedra, la denominamos **peso** (P) de la piedra. Y su valor será:

$$\begin{aligned} F &= m \cdot a \\ P &= m \cdot g \\ P &= 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N} \end{aligned}$$



Ejemplo 3

Un avión de 6000 kg de masa, aterriza trayendo una velocidad de 500 km/h, y se detiene después de 10 segundos de andar en la pista. ¿Cuánto vale la fuerza total de rozamiento que hace posible que se detenga?

Mientras aterriza, el avión a la única fuerza que está sometido es a la fuerza de rozamiento (que son varias, pero hablamos de la resultante de todas estas fuerzas de rozamiento). Según la 2^{da} Ley

$$F_{roz} = m \cdot a$$



Como el avión frena desacelerando uniformemente, podemos calcular esta aceleración:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} \quad \text{esto es} \quad a = \frac{0 - 139 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -13,9 \text{ m/s}^2$$

Y la fuerza será:

$$F = -6000 \text{ kg} \cdot 13,9 \text{ m/s}^2 = -83400 \text{ N}$$

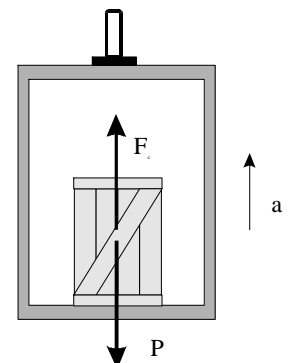
Ejemplo 4

Un elevador que sube acelerando a razón de $0,5 \text{ m/s}^2$ lleva, apoyada en el piso, una caja que pesa 200 N. ¿Qué fuerzas actúan sobre la caja? ¿Cuánto valen cada una?

Este tipo de problemas, conviene, para resolverlos realizar un diagrama de fuerzas, esto es:

Aquí visualizamos las fuerzas que están actuando sobre el cuerpo: Estas son: el peso P (la fuerza con que la tierra lo atrae) y la fuerza de contacto que el piso del ascensor ejerce sobre el cuerpo F_c .

De acuerdo con la ecuación de Newton y considerando positivas a todas las fuerzas que acompañan al movimiento, en este caso hacia arriba:



$$F_c - P = m \cdot a$$

Despejando:

$$F_c = m \cdot a + P$$

Para calcularlo debemos conocer la masa del cuerpo, su peso y la aceleración:

$$P = 200 \text{ N}$$

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

$$m = \frac{P}{g} = \frac{200 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 20,4 \text{ kg}$$

Sustituyendo estos valores, tenemos:

$$F_c = 20,4 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 + 200 \text{ N} = 210,2 \text{ N}$$

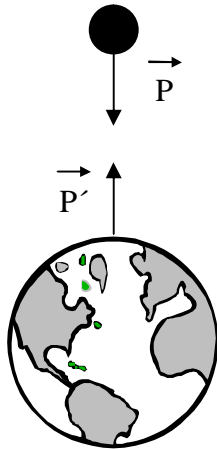
El Principio de Interacción o Principio de Acción y Reacción

Cuando dos cuerpos interactúan entre sí, se cumple esta ley, con algunas limitaciones para cuando existen velocidades muy altas o se encuentran a grandes distancias, pero para fenómenos ordinarios se la puede utilizar perfectamente.

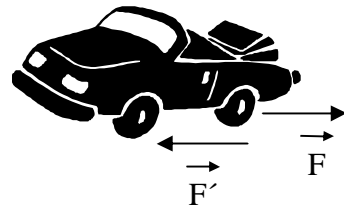
Enunciado de la tercera ley de Newton

“Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (acción), este último ejerce una fuerza de sentido contrario pero de igual intensidad sobre el primero (reacción).”

Ejemplos:



El peso de un cuerpo (**P**) es la fuerza con que la tierra lo atrae. Pero, a su vez, la tierra es atraída por el cuerpo con una fuerza (**P'**) de igual intensidad pero de sentido contrario.



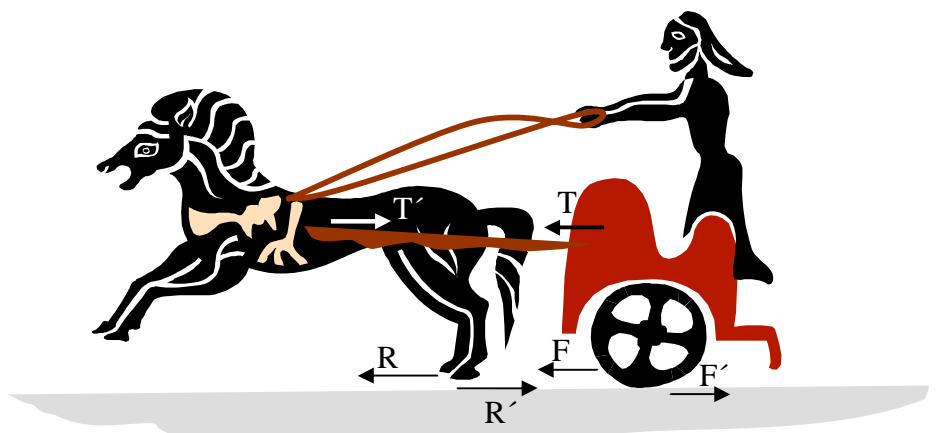
Las ruedas del coche empujan al suelo con una fuerza (**F**) y el vehículo recibe del suelo una fuerza (**F'**) de igual intensidad pero de sentido contrario, que le permite avanzar hacia adelante.

Ejemplo de aplicación:

Un caballo tira de un carro que está detenido y lo pone en movimiento: Los cuerpos involucrados en las interacciones son: **El carro, el caballo y el suelo**. Las fuerzas que representan estas interacciones son:

T: Fuerza con que el caballo tira del carro y con la que el carro tira del caballo.

R: Fuerza con la que el caballo empuja al suelo hacia atrás, y por lo tanto, con la que el suelo empuja al caballo hacia adelante.



F: Fuerza análoga a **R**, que ejerce el carro con el suelo y viceversa.

Aparecen dos fuerzas sobre el caballo, dos sobre el carro y dos sobre el suelo: La suma de las fuerzas sobre cada cuerpo determina su aceleración, de acuerdo con la segunda ley de Newton, esto es:

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

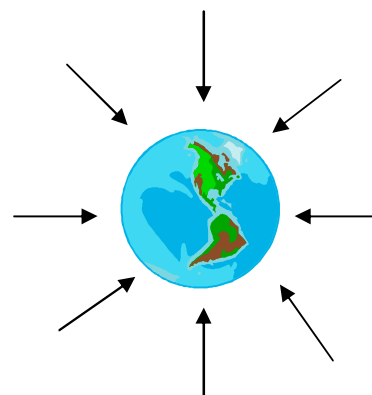
A partir de esto, contestar:

- ¿Cuál es la fuerza resultante sobre el carro?
- ¿Cuál es la fuerza resultante sobre el caballo?
- ¿Cuál es la fuerza total que tiende a hacer retroceder al suelo?
- Una vez que el caballo alcanzó la velocidad deseada, ¿debe seguir ejerciendo fuerza contra el suelo para mantenerla?

Campo Gravitatorio

¿Por qué los cuerpos caen?, ¿qué hace que la atmósfera y los mares estén retenidos contra la superficie terrestre?, ¿Por qué la Luna se mantiene en órbita alrededor de la tierra y no se escapa?. Las respuestas a estas y otras preguntas es que la tierra atrae a los objetos que se hallan en su proximidad.

Cualquier cuerpo situado en las cercanías de la tierra, da cuenta de una fuerza orientada hacia el centro del planeta, es decir que esa atracción a distancia en cada punto del espacio determina lo que denominamos **campo gravitatorio**



Es entonces, que cualquier cuerpo colocado en este campo sufre una aceleración dirigida hacia el centro de la Tierra, y esta aceleración es la misma para todos los cuerpos no dependiendo de sus masas. Newton lo comprobó, eliminado la fricción del aire, en una campana de vacío, una pluma y trozo de plomo tardan el mismo tiempo en caer, por lo tanto tienen la misma aceleración.

Esta aceleración, que en la superficie de la tierra la llamamos "**aceleración de la Gravedad**" tiene un valor promedio $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$. Pero si nos alejamos de la superficie de la Tierra, el valor del campo gravitatorio disminuye. A una distancia r de la superficie, la aceleración decae de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$g_r = \frac{g_0}{\left(1 + \frac{r}{R}\right)^2}$$

Donde $R = 6.400 \text{ Km}$, que es el radio medio de la Tierra.

“La atracción gravitatoria es un fenómeno universal, que se visualiza en todos los cuerpos en el Espacio. Por lo tanto, todo cuerpo posee un campo gravitatorio, variable con la distancia igual que el campo terrestre. Pero la intensidad del campo dependerá de la masa del cuerpo que lo origina.”

¿A qué denominamos **Peso** de un cuerpo?

El **peso (P)** de un cuerpo, es la fuerza con que la tierra lo atrae. Y según la segunda Ley de la dinámica $F = m \cdot a$: pero con la aceleración de un cuerpo bajo exclusiva acción de la fuerza peso (**P**) es la aceleración de la gravedad (**g**), resulta: $P = m \cdot g$

Donde **m** es la **masa inercial** del cuerpo: recordemos que la **masa** es una propiedad de los cuerpos, por lo tanto es invariable, vale lo mismo en la tierra, la luna o en el espacio. Distinto al **peso (P)** que al ser una fuerza, es decir una acción entre cuerpos, varía en función de la masa del cuerpo atrayente y de la distancia con respecto a este. Ya que la aceleración de la gravedad (**g**) varía de la misma manera.

Diferencias entre PESO y MASA

Masa	Peso
Magnitud Escalar	Magnitud Vectorial
Propiedad de un Cuerpo	Fuerza: Interacción entre dos cuerpos
Invariable con respecto a su posición	Varía con respecto a la posición relativa con otro cuerpo

Ejemplos de Campo Gravitatorio

Ejemplo 1:

Si un cuerpo pesa 980 N en la superficie de la tierra. ¿Cuál es su masa?

$$\text{Respuesta: Usando la ley de Newton: } P = \frac{m}{g} = \frac{980N}{9,8m/s^2} = \frac{980 \text{ kg.m/s}^2}{9,8m/s^2} = 100 \text{ Kg}$$

Ejemplo 2:

En la Luna la gravedad (g_l) es la sexta parte de la gravedad terrestre (g) ¿Cuánto pesa una persona de 70 kg de masa? Expresarlo en N y Kg_f.

$$g_l = \frac{g_t}{6} = \frac{9,8m/s^2}{6} = 1,633m/s^2$$

$$P_l = 70kg \cdot 1,633m/s^2 = 114,3N \qquad 114,3N \cdot 0,102 = 11,66kg$$

Algunos Tipos de Fuerzas

Fuerzas de Fricción

El hecho de que un cuerpo arrojado en una mesa, al cabo de cierto tiempo se detenga, conlleva a que sobre el cuerpo interviene una resistencia contraria al movimiento. Como esta resistencia produce una disminución en la velocidad de cuerpo, esta se cuantifica mediante una fuerza. Esta fuerza se denomina de **rozamiento**, **fricción** o **roce** (\vec{f}).

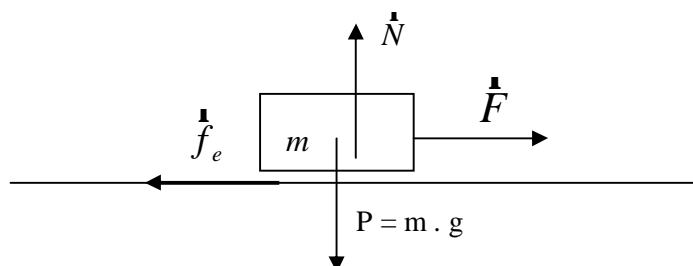
Clasificación:

Las fuerzas de fricción que obran entre superficies en reposo, una con respecto a la otra, se llaman fuerzas de **fricción estática**. La máxima fuerza de fricción estática será igual a la mínima fuerza necesaria para iniciar el movimiento. Una vez que el movimiento comienza, las fuerzas de fricción que actúan entre las superficies ordinariamente disminuyen, de tal manera que basta una fuerza menor para conservar el movimiento uniforme. Las fuerzas que obran entre las superficies en movimiento relativo se llaman **fuerzas de fricción cinética** o **dinámica**.

- a) Para dos tipos dados de superficie cualquiera que estén secas y no lubricadas, experimentalmente se encuentra que la máxima fuerza de roce estática entre ellas, es decir, cuando el cuerpo está a punto de moverse, es aproximadamente independiente del área de contacto entre amplios límites, pero es proporcional a la fuerza normal (\vec{N}) que mantiene en contacto a las dos superficies, es decir, $f_e \propto N$ o bien:

$$f_e = m_e N$$

donde m_e es la constante de proporcionalidad llamada coeficiente de rozamiento estático y se entiende que es la expresión para la fuerza de fricción cuando el cuerpo está a punto de moverse.



- b) Para dos tipos de superficies dadas que están secas y no lubricadas, se encuentra que la fuerza de fricción cinética es aproximadamente independiente del área de contacto y que tampoco depende del estado de movimiento del cuerpo, entre amplios límites, pero es proporcional a la fuer-

za normal de contacto \dot{N} que mantiene a las superficies en contacto. Si f_c representa la magnitud de la fuerza de roce cinética, podemos escribir:

$$f_c = m_c N,$$

donde m_e es el coeficiente de roce cinético.

Observaciones:

- Tanto los coeficientes m_e y m_c son coeficientes sin dimensiones, los cuales dependen de la naturaleza de ambas superficies de contacto, siendo mayores en superficies ásperas o rugosas y menores, en general, si son lisas. Ordinariamente para un par dado de superficies, $m_e > m_c$ por lo explicado anteriormente.
- Las dos ecuaciones son ecuaciones en términos de las magnitudes de las fuerzas de rozamiento y la normal. Estas fuerzas siempre son perpendiculares entre sí.
- Las fuerzas de fricción cinética y por lo tanto el coeficiente de rozamiento cinético depende de la velocidad relativa entre las superficies en contacto. A mayor velocidad este disminuye. Dentro de un amplio intervalo de velocidades no muy elevadas, podemos considerar a m_c como constante.
- El coeficiente de fricción entre superficies depende de muchas variables, a ser: la naturaleza de los materiales, el acabado de las superficies, películas en las superficies, temperatura y grado de contaminación. Las leyes de la fricción son leyes empíricas, fundadas no en una teoría que profundice las causas de la fricción, sino sólo en la observación de los efectos producidos.

Algunos valores de los Coeficientes de rozamiento

MATERIALES	m_e	m_c
Acero sobre acero	0,74	0,57
Teflón sobre acero	0,04	0,04
Teflón sobre teflón	0,04	0,04
Caucho sobre asfalto	0,95	0,80
Esquí sobre nieve	0,10	0,05
Madera sobre madera	0,45	0,30

Fuerzas Elásticas: La ley de Hooke:

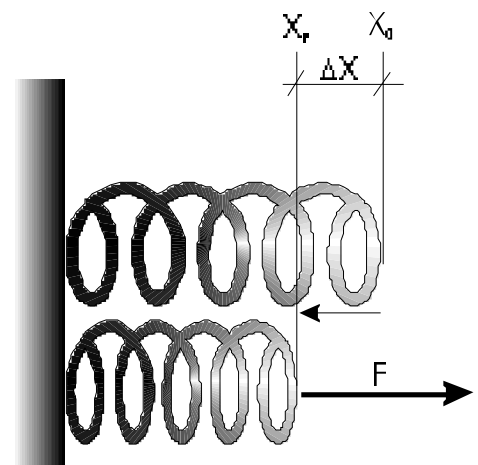
Fue Robert Hooke (1635-1703) quien primero demostró el comportamiento sencillo de las sustancias elásticas. Esta ley se puede enunciar como sigue: “Cuando se trata de deformar un sólido, este se opone a la deformación con una fuerza proporcional al tamaño de la deformación, siempre que esta no sea demasiado grande”.

Para una deformación en una dirección, la ley puede escribirse como $F = -k \cdot \Delta X$. Aquí ΔX es lo que se ha estirado o comprimido a partir del estado que no tiene deformación (X_0); F es la fuerza resistente del sólido, y k la constante de proporcionalidad. El signo $-$ pone de manifiesto que la fuerza se opone, o sea, se resiste a la deformación. Si el sólido se deforma mas allá de un cierto punto, llamado su límite elástico, se quedará permanentemente deformado; esto es, su estructura se altera permanentemente, de modo que cambia su nueva forma de condición no deformada. Se encuentra que la ley de Hooke es válida casi hasta el límite elástico.

Precisamente la fuerza que aplica un resorte, dentro de su límite elástico, satisface la ley de Hooke, es decir:

$$F = k \cdot \Delta X$$

donde k es la constante de proporcionalidad, denominada constante de elasticidad del resorte, con unidades en el SI, $[k] = \left[\frac{N}{m} \right]$. Si el resorte es “duro”, k será mayor que para el caso de un resorte “blando”.



Fuerzas Eléctricas

A veces, especialmente en tiempo seco, al peinarse con un peine plástico se ven pequeñas chispas acompañadas de chasquidos; además, el pelo es atraído por el peine. Lo mismo llega a suceder con las prendas de vestir: al frotarlas también despiden luz y chasquidos.

En un día tormentoso saltan rayos entre las nubes y el suelo acompañados del fuerte ruido y el trueno. Todos estos fenómenos descritos son fenómenos eléctricos.

La materia está constituida por moléculas y éstas, a su vez, por agrupamientos de átomos. Los átomos están formados por protones (carga positiva), electrones (carga negativa) y neutrones que son partículas sin carga eléctrica. Dos protones se rechazan entre sí, dos electrones se rechazan entre sí, un protón y un electrón se atraen entre sí y los neutrones no ejercen fuerza eléctrica alguna.

La carga eléctrica, al igual que la masa, constituye una propiedad fundamental de la materia. **Se manifiesta a través de fuerzas**, denominadas Fuerzas electrostáticas, que son las responsables de los fenómenos eléctricos. Su influencia en el espacio puede describirse con el auxilio de la noción física de campo eléctrico, similar al de campo gravitatorio.

Benjamín Franklin dedujo que además de existir dos clases de electricidad (positiva y negativa), las cargas iguales se atraen y opuestas se repelen. La interpretación actual de los cuerpos materiales es que, en su estado normal o neutro, contiene igual cantidad de electricidad positiva y negativa.

Como sucede con otras áreas de la física, el interés de la electrostática reside no sólo en que describe las características de una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, sino también en que facilita la comprensión de sus aplicaciones tecnológicas. Desde el pararrayos hasta la televisión una amplia variedad de dispositivos científicos y tecnológicos están relacionados con los fenómenos electrostáticos.

La carga del electrón (o del protón) constituye el valor mínimo e indivisible de cantidad de electricidad. Es, por tanto, la carga elemental y por ello constituye una unidad natural de cantidad de electricidad. Cualquier otra carga equivaldrá a un número entero de veces la carga del electrón. El **coulomb** es la unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional y equivale a $6,27 \cdot 10^{18}$ veces la carga del electrón (e), es decir:

$$1 [\text{C}] = 6,27 \cdot 10^{18} \text{ e.}$$

Por consiguiente, a un conductor que tuviera la carga positiva de un coulomb, le faltarían 6,27 trillones de electrones. Un conductor que tuviera la carga negativa de un coulomb tendría un exceso de 6,27 trillones de electrones. ¡Para la electrostática, el coulomb es una unidad de carga extremadamente grande!

La Ley de Coulomb

El físico Francés Charles A. Coulomb (1736-1806) en 1785, por medio de una balanza de torsión inventada por él, logró establecer que entre dos cuerpos cargados eléctricamente se ejercía una fuerza que seguía una ley parecida a la de Newton referente a la ley de gravitación universal, aunque con dos importantes diferencias:

- La fuerza eléctrica (o de Coulomb) puede ser repulsiva.
- La fuerza eléctrica entre dos cuerpos disminuye si se interpone un tercer cuerpo (lo que no sucede a la fuerza de Newton).

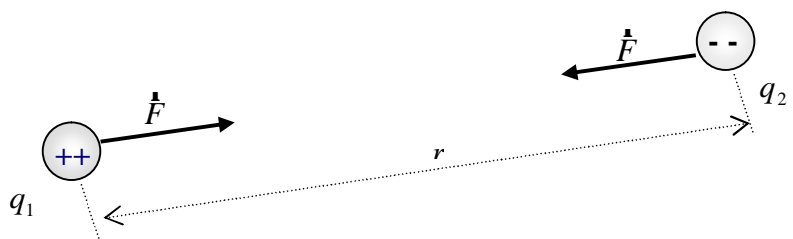
El enunciado de la Ley de Coulomb es el siguiente:

“La fuerza que ejercen entre sí dos cuerpos cargados eléctricamente, es directamente proporcional al producto de sus masas eléctricas o cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Tal fuerza se aplica en los respectivos centros de las cargas y están dirigidas a lo largo de la línea que las une.”

Si q_1 y q_2 representan las cargas de cada uno de los cuerpos y r la distancia que los separa, la ley de Coulomb puede ser escrita en la forma:

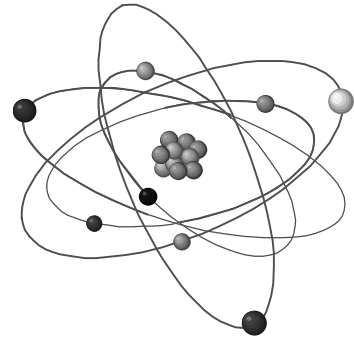
$$F = K_e \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

K_e es la constante de proporcionalidad, llamada constante electrostática cuyo valor en el SI y en el vacío es aproximadamente $9 \cdot 10^9 [\text{N}/\text{m}^2 \cdot \text{C}^2]$.



Fuerzas Nucleares

La teoría nuclear moderna se basa en la idea de que los núcleos están formados por neutrones y protones que se mantienen unidos por fuerzas “nucleares” extremadamente poderosas, llamadas **Fuerzas Nucleares Fuertes**. Para estudiar estas fuerzas nucleares, los físicos tienen que perturbar los neutrones y protones bombardeándolos con partículas extremadamente energéticas. Estos bombardeos han revelado más de 200 partículas elementales, minúsculos trozos de materia, la mayoría de los cuales, sólo existe durante un tiempo mucho menor a una cienmillonésima de segundo.



Este mundo subnuclear salió a la luz por primera vez en los rayos cósmicos. Estos rayos están constituidos por partículas altamente energéticas que bombardean constantemente la Tierra desde el espacio exterior; muchas de ellas atraviesan la atmósfera y llegan incluso a penetrar en la corteza terrestre. La radiación cósmica incluye muchos tipos de partículas, de las que algunas tienen energías que superan con mucho a las logradas en los aceleradores de partículas. Cuando estas partículas de alta energía chocan contra los núcleos, pueden crearse nuevas partículas. Entre las primeras en ser observadas estuvieron los muones (detectados en 1937). El muón es esencialmente un electrón pesado, y puede tener carga positiva o negativa. Es aproximadamente 200 veces más pesado que un electrón. La existencia del pión fue profetizada en 1935 por el físico japonés Yukawa Hideki, y fue descubierto en 1947. Según la teoría más aceptada, las partículas nucleares se mantienen unidas por “fuerzas de intercambio” en las que se intercambian constantemente piones comunes a los neutrones y los protones. La unión de los protones y los neutrones a través de los piones es similar a la unión en una molécula de dos átomos que comparten o intercambian un par de electrones común. El pión, aproximadamente 270 veces más pesado que el electrón, puede tener carga positiva, negativa o nula.

Partículas elementales

Durante mucho tiempo, los físicos han buscado una teoría para poner orden en el confuso mundo de las partículas. En la actualidad, las partículas se agrupan según la fuerza que domina sus interacciones. Todas las partículas se ven afectadas por la gravedad, que sin embargo es extremadamente débil a escala subatómica. Los hadrones están sometidos a la fuerza nuclear fuerte y al electromagnetismo; además del neutrón y el protón, incluyen los hiperones y mesones. Los leptones “sienten” las fuerzas electromagnética y a la **fuerza nuclear débil**; incluyen el tau, el muón, el electrón y los neutrinos. Los bosones (una especie de partículas asociadas con las interacciones) incluyen el fotón, que “transmite” la fuerza electromagnética, las partículas W y Z, portadoras de la fuerza nuclear débil, y el hipotético portador de la gravitación (gravitón). La fuerza nuclear débil aparece en procesos radiactivos o de desintegración de partículas, como la desintegración alfa (la liberación de un núcleo de helio por parte de un núcleo atómico inestable). Además, los estudios con aceleradores han determinado que por cada partícula existe una antipartícula con la misma masa, cuya carga u otra propiedad electromagnética tiene signo opuesto a la de la partícula correspondiente.

En 1963, los físicos estadounidenses Murray Gell-Mann y George Zweig propusieron la teoría de que los hadrones son en realidad combinaciones de otras partículas elementales llamadas quarks, cuyas interacciones son transmitidas por gluones, una especie de partículas. Esta es la teoría subyacente de las investigaciones actuales, y ha servido para predecir la existencia de otras partículas.

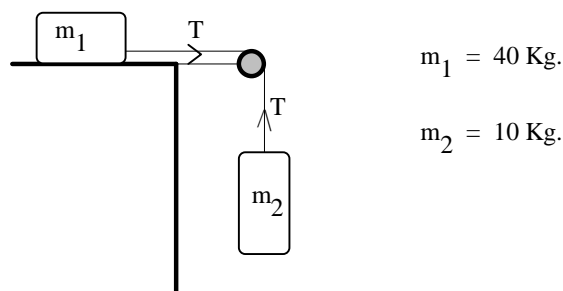
Tanto las fuerzas nucleares fuertes, como las débiles son fuerzas de muy poco alcance, ya que fuera del núcleo desaparecen por completo.

Sistema de Unidades

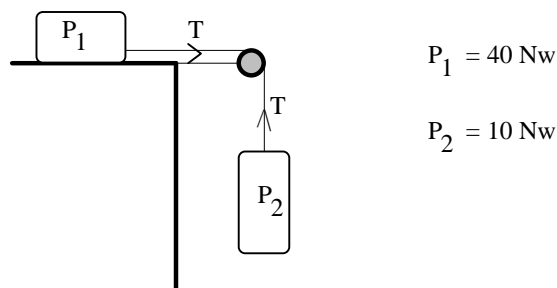
Magnitud	C.G.S.	M.K.S.	Técnico
Tiempo (t)	Segundo (s)	Segundo (s)	Segundo (s)
Longitud (L)	Centímetro (cm)	Metro (m)	Metro (m)
Masa (m)	Gramo (g)	Kilogramo (kg)	Unidad Técnica (UTM)
Velocidad: $v = L/t$	cm/s	m/s	m/s
Aceleración: $a = v/t^2$	cm/s ²	m/s ²	m/s ²
Fuerza: $F = m \cdot a$	g · cm/s ² $\hat{=}$ Dina (d)	kg m/s ² $\hat{=}$ Newton (N)	kilogramo fuerza (kg _f ; kg ¹)
Energía y Trabajo	g · cm ² /s ² $\hat{=}$ d · cm $\hat{=}$ Ergio	kg m ² /s ² $\hat{=}$ N · m $\hat{=}$ Joule (J)	kilogrammetro (kgm ¹)
Potencia	Ergio/s	Joule/s $\hat{=}$ Watt	kgm ¹ /s

Ejercicios y Problemas

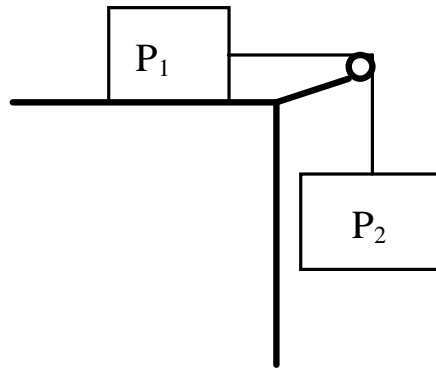
- 1) ¿Cuántos newton pesa un cuerpo de 70 kg. de masa.?
- 2) ¿Cuántas dinas pesa un objeto de 25,5 grs. de masa.?
- 3) Calcular la masa de un cuerpo que al recibir una fuerza de 20 N adquiere una aceleración de 5 m/s^2 .
- 4) ¿Qué masa tiene una persona de 65 kgf de peso en:
 - a) Un lugar donde la aceleración de la gravedad es de $9,8 \text{ m/s}^2$.
 - b) Otro lugar donde la aceleración de la gravedad es de $9,7 \text{ m/s}^2$.
- 5) Si la gravedad de la Luna es de $1,62 \text{ m/s}^2$, calcular el peso de una persona en ella, que en la Tierra es de 80 kgf.
- 6) ¿Qué aceleración tiene un cuerpo que pesa 40 kgf, cuando actúa sobre él una fuerza de 50 N.?
- 7) Un vehículo tiene una masa de 100 kg y actúa sobre él una fuerza de $50 \vec{Kg}$. ¿Qué aceleración adquiere.?
- 8) Calcule la masa de un objeto al que una fuerza constante de 300 N. le induce una aceleración de $50 \times 10^{-3} \text{ m/seg}^2$.
- 9) A un cuerpo de 98 kg, le aplico una fuerza de 196 N. ¿Qué aceleración le produce, y cuál será su velocidad al cabo de 1 minuto?
- 10) Un patín que pesa $0,5 \vec{Kg}$, adquiere una aceleración de 40 cm/s^2 . ¿Cuál es el valor de la fuerza en dinas que intervino?
- 11) Calcular la masa de un cuerpo que aumenta su velocidad en 1,8 km/h en cada segundo cuando se le aplica una fuerza de 60 kgf.
- 12) Un automóvil de 1000 kg de masa marcha a 100 km/h, frena uniformemente y se detiene después de 5 segundos.
 - a) Calculen la fuerza de frenado.
 - b) ¿Quién ejerce esa fuerza?
 - c) Hallen el coeficiente de rozamiento entre el caucho y el asfalto
- 13) Si el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos de un automóvil y la carretera es 0,5, calcular la distancia más corta para poder detener el automóvil si éste viaja a una velocidad de 96,56 km/h.
- 14) Sobre un ciclomotor de 100 kg. de masa actúa una fuerza constante de $40 \vec{Kg}$.; ¿Cuál será su velocidad al cabo de 10 segundos el espacio recorrido en ese tiempo si este estaba en reposo?
- 15) Un cuerpo de masa igual a 1600 gr. se desplaza con una velocidad de 20 m/s, en ese instante recibe una fuerza, en igual dirección y sentido que su desplazamiento de 96 N. Averiguar: a) Aceleración que adquiere el cuerpo. b) Velocidad que alcanza a los 10 segundos. c) Espacio recorrido en ese tiempo.
- 16) Un cuerpo que marcha a una velocidad de 144 Km/h es frenado por una fuerza constante en 10 segundos. Calcular en los tres sistemas el valor de la fuerza de los frenos, sabiendo que su masa es de 1960 kg.
- 17) Un ascensor pesa $1600 \vec{Kg}$. y se eleva con una aceleración de $1,96 \text{ m/s}^2$ ¿Cuál es la tensión del cable? ¿Cuál será la tensión si este desciende con la misma aceleración?
- 18) Un bloque de $25 \vec{Kg}$ sostenido por un cable es arrastrado hacia arriba con una aceleración de $1,2 \text{ m/s}^2$ ¿Cuál es la tensión de la cuerda en Newton.?
- 19) Una persona está parada en un ascensor, su peso es de $49 \vec{Kg}$.¿Que fuerza hace esta sobre el piso? Cuando: a) Está detenido. b) Cuando sube con velocidad constante. c) Cuando asciende con una aceleración de $1,96 \text{ m/s}^2$ d) Cuando desciende con esa aceleración.
- 20) Calcular las tensiones "T" de la cuerda, y la aceleración del sistema.



- 21) Calcular las tensiones "T" de la cuerda, y la aceleración del sistema.

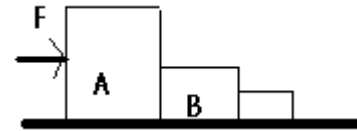


- 22) Calcular la tensión de la cuerda y la masa del cuerpo 2. sabiendo que $P_1 = 60 \vec{Kg}$ y la aceleración del sistema es de 4 m/s^2 .

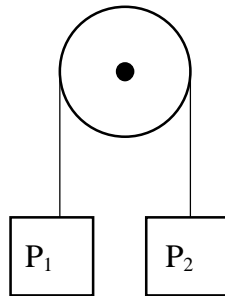


- 23) Las masas A, B, C, deslizan sobre una superficie horizontal debido a la fuerza aplicada $F = 10 \text{ N}$. Calcular la fuerza que A ejerce sobre B y la fuerza que B ejerce sobre C.

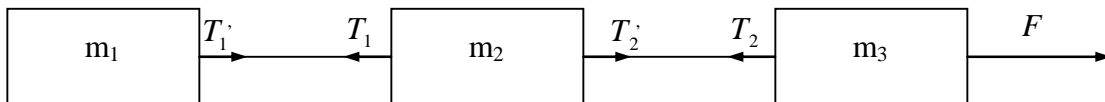
Datos: $m_A = 10 \text{ kg}$
 $m_B = 7 \text{ kg}$
 $m_C = 5 \text{ kg}$



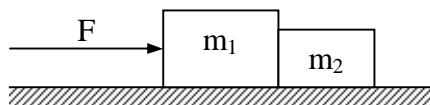
- 24) Calcular la tensión de la cuerda y la aceleración del sistema si $P_1 = 60 \text{ Kg}$ y $P_2 = 100 \text{ Kg}$.



- 25) Calcular la aceleración del sistema y las tensiones de las cuerdas en el siguiente dibujo: donde $F = 200 \text{ N}$; $m_1 = 50 \text{ kg}$; $m_2 = 35 \text{ kg}$; $m_3 = 40 \text{ kg}$



- 26) Un paracaidista de 80 kgf de peso, salta a 5000 m de altura. Abre su paracaídas a 4820 m y en 10 s reduce su velocidad a la mitad. Calcular la tensión en cada uno de los 12 cordones que tiene el paracaídas.
- 27) Un cuerpo de masa $m = 10 \text{ kg}$ esta apoyado sobre una superficie horizontal sin rozamiento. Una persona tira una soga inextensible fija al bloque, en dirección horizontal, con una fuerza de 20 N .
- Analizar cuales son los pares de acción y reacción en las intersecciones de la mano con la soga, la soga con el bloque, el bloque con la tierra en el plano sobre el que esta apoyado.
 - Calcular la aceleración del bloque, suponiendo despreciable la masa de la soga.
- 28) Dos bloques están en contacto como muestra la figura, sobre una mesa. Se aplica una fuerza horizontal constante de 3 N . Si $m_1 = 2 \text{ kg}$ y $m_2 = 1 \text{ kg}$, despreciando el rozamiento calcular:
- La aceleración que adquiere el sistema.
 - La fuerza de interacción entre ambos cuerpos.



- 29) Una fuerza horizontal constante de 40 N actúa sobre un cuerpo situado sobre un plano horizontal liso. Partiendo del reposo, se observa que el cuerpo recorre 100 m en 5 s . Determinar:
- ¿Cuál es la masa del cuerpo?.
 - Si la fuerza deja de actuar al cabo de 5 s , ¿qué distancia recorrerá el cuerpo en los 5 s siguientes?.
- 30) Una bala de rifle que lleva una velocidad de 360 m/s , choca contra un bloque de madera blanda y penetra con una profundidad de $0,1 \text{ m}$. La masa de la bala es de $1,8 \text{ g}$, suponiendo una fuerza de retardo constante, determinar:
- ¿Qué tiempo tardó la bala en detenerse?.
 - ¿Cuál fue la fuerza de aceleración en N ?.
- 31) Un elevador de 2000 kg de masa, sube con una aceleración de 1 m/s^2 . ¿Cuál es la tensión del cable que lo soporta?.
- 32) Un bloque de 8 N de peso se acelera hacia arriba mediante una cuerda cuya tensión de ruptura es de 12 N . Hállese la aceleración máxima que puede aplicarse al bloque sin que se rompa la cuerda.
- 33) Un cuerpo está suspendido de una balanza de resorte sujeta al techo de un elevador. Determinar:
- Si el elevador tiene una aceleración hacia arriba de $2,45 \text{ m/s}^2$ y la balanza indica 50 N .
 - ¿Cuál es el peso verdadero del cuerpo?.
 - ¿En qué circunstancias la balanza indicará 30 N ?.

- 34) Un bulto de 20 kg de masa descansa sobre la caja de un camión. El coeficiente de rozamiento entre el bulto y el piso de la caja es de 0,1. El camión se detiene en un semáforo y luego arranca con una aceleración 2 m/s^2 . Si el bulto se encuentra a 5 m de la culata del camión cuando éste arranca, determinar:
- ¿Cuánto tiempo transcurrirá hasta que el bulto salga despedido por la culata del camión?
 - ¿Qué distancia recorrerá el camión en ese tiempo?
- 35) Sea un paralelepípedo rectángulo de hierro ($\delta = 7,8 \text{ g/cm}^3$) cuya base es de 32 cm^2 y su altura es de 20 cm, determinar:
- La masa.
 - La aceleración que le provocará una fuerza constante de 100 N.
 - La distancia recorrida durante 30 s.
- 36) Un cuerpo de 10 kg de masa se mueve con una velocidad constante de 5 m/s sobre una superficie horizontal. El coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie es de 0,20.
- ¿Qué fuerza horizontal se necesita para mantener el movimiento?
 - Si se suprime la fuerza ¿cuándo se detendrá el movimiento?
- 37) Un electrón (masa = 9.10^{-31} kg) sale del cátodo de una lámpara de radio partiendo del reposo y viaja en línea recta hasta el ánodo, que está a 0,01 m de distancia, y llega con una velocidad de 6.10^6 m/s . Si la fuerza que lo acelera es constante (despreciar la fuerza gravitatoria sobre el electrón), calcular:
- La fuerza de aceleración.
 - El tiempo que empleó en llegar al ánodo.
 - La aceleración.
- 38) Un satélite de comunicaciones de 200 kg de masa se encuentra en una órbita circular de 40000 km de radio alrededor de la Tierra. ¿Cuál es la fuerza gravitatoria sobre el satélite?
- 39) Un tren de pasajeros consta de una locomotora y dos vagones. La masa de la locomotora es de 6000 kg y la de cada vagón es de 2000 kg. El tren sale de una estación con una aceleración de $0,5 \text{ m/s}^2$, determinar:
- La tensión en el enganche entre la locomotora y el primer vagón.
 - La tensión en el enganche entre los vagones.
 - La fuerza horizontal total que ejercen las ruedas de la locomotora sobre el riel.
- 40) Dos placas enfrentadas tienen 10^{-6} Coulomb de carga opuesta y están separadas por 10 cm. hallen la fuerza de atracción entre ellas.
- 41) ¿Cuál será el valor de la carga q ; que situada a 200 m. de otra $q' = 0,05 \text{ C}$. reciba una fuerza igual a 1125 Newton?
- 42) Sabiendo que la carga de un electrón es de $e^- = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Averiguar a cuantos electrones equivale una carga de 1 coulombio.
- 43) Calcula la fuerza electrostática de repulsión entre dos partículas α (alfa), separadas a una distancia de 10^{-11} cm . Sabiendo que cada partícula α tiene una carga igual a $2e^-$.
- 44) En cada punto A; B; C; hay tres cargas eléctricas puntuales: $q_a = +0,1 \times 10^{-4} \text{ C}$. $q_b = +0,2 \times 10^{-4} \text{ C}$. y $q_c = +0,4 \times 10^{-4} \text{ C}$. Calcular la fuerza resultante en B.

