CAPITULO
2

DINAMICA

DINAMICA

La dinámica, es aquella rama de la Física que estudia el movimiento y las fuerzas que en el mismo intervienen.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA DINAMICA

Antes de Galileo (1564 – 1642) se pensaba que para mantener un cuerpo en movimiento era necesario que actuara sobre él alguna acción exterior. Si esta acción cesaba, el cuerpo tendía "naturalmente" al reposo. Para apoyar estas ideas se decía: si impulsamos un cuerpo sobre un plano horizontal, por ejemplo, por medio de un golpe que le damos con la mano (acción exterior), el cuerpo, originalmente en reposo, se pone en movimiento. Desaparecida la acción exterior, el cuerpo después de recorrer un cierto espacio, se detiene, es decir vuelve al estado de reposo.

Galileo en cambio, razonaba de otra manera. Supongamos que el cuerpo y el plano, se pulen más y más, de manera que las superficies de contacto son cada vez más lisas. Entonces el cuerpo recorre antes de detenerse cada vez un camino más largo. Suponiendo que el pulido es perfecto, es decir, no hay roce entre las superficies, el cuerpo seguiría moviéndose indefinidamente. De acuerdo a estos razonamientos, no se necesita ninguna acción exterior para mantener el movimiento, sino que dicha acción es necesaria para cambiar el movimiento, o sea producir una aceleración.

Volviendo al ejemplo anterior, el cuerpo se pone en movimiento por efecto del golpe que le damos con la mano. El cuerpo seguiría entonces en movimiento si no fuera que otra acción exterior (rozamiento) lo retarda hasta detenerlo. Alguno años más tarde, ISAAC NEWTON, dio formas a estas conclusiones, enunciando lo que conocemos como:

1º Principio de la dinámica o principio de inercia: "Un cuerpo permanece en reposo o movimiento rectilíneo y uniforme, sino actúa sobre él ninguna acción exterior". La fuerza de inercia es la resistencia de los cuerpos a cambiar del estado de reposo al de movimiento y viceversa.

Este principio es el que hace que los cuerpos sigan hacia delante, más o menos bruscamente, según sea la velocidad de los vehículos, en el caso de una colisión frontal.

Cuando se aplican los frenos, también tienden a irse hacia delante, recargándose el peso sobre las ruedas delanteras. A la inversa sucede con una súbita aceleración.

Para estudiar cuantitativamente el problema, recurriremos a las experiencias de Mach. Supongamos dos móviles que interactúan entre sí por medio de un resorte, por ejemplo. (Figura 1).

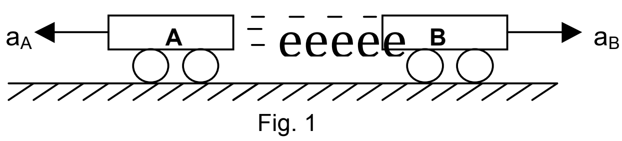


Fig. 1

Si se comprime el resorte, y luego suelta, el móvil A adquiere una aceleración hacia la izquierda (a_A), y el móvil B una aceleración hacia la derecha (a_B). La experiencia demuestra que si variamos la compresión del resorte, o utilizamos otro de mayor elasticidad, o se cambia el mecanismo de interacción, entonces las aceleraciones a_A y a_B, serán en cada caso diferentes, pero el cociente se mantiene siempre constante. Podemos escribir entonces:

$$-\frac{a_A}{a_B} = -\frac{a'_A}{a'_B} = -\frac{a''_A}{a''_B} = \text{constante} = \frac{m_B}{m_A} \qquad (1)$$

Donde a la constante la hemos expresado como el cociente entre otras dos constantes que hemos designado con m_B y m_A. (El signo (-) indica que las aceleraciones tienen igual dirección pero sentidos contrarios. Llamaremos a la constante m_A la mas del móvil A y la constante m_B la masa del móvil B. En resumen: *si se ponen a interactuar dos móviles A y B, el cociente de las aceleraciones adquiridas es un número que indica cuantas veces es mayor la masa de B que la de A.*

Por otra parte, la experiencia indica que cuanto mayor es la interacción entre los móviles, es mayor la aceleración. Pero para una misma interacción, el móvil de menor masa adquiere mayor aceleración. Por eso el producto $m_A.\ a_A$ o $m_B.\ a_B$ (ambos iguales) es una buena medida de la interacción entre los dos móviles, interacción a la que llamaremos Fuerza: Entonces escribimos por definición de fuerza:

$$\vec{F} = m\ .\ \vec{a} \qquad (2)$$

Y decimos que la "la fuerza que actúa sobre un objeto de masa "m" es por definición, el producto de la masa "m" del objeto por la aceleración "a" que le imprime.

Esta es la Ley Fundamental de la Dinámica y se conoce como el 2º principio de la dinámica.

La expresión (2) indica que la fuerza es una magnitud vectorial y su dirección y sentido son la dirección y sentido de la aceleración.

Volviendo a la expresión (1) podemos escribir:

$$-\ m_A.\ a_A = m_B.\ a_B$$
$$-f_A = f_B$$

Donde f_A es la fuerza que actúa sobre el móvil A (ejercida por B por intermedio del resorte) y f_B es la fuerza que actúa sobre el B (ejercida por A).

Como consecuencia de la definición de fuerza obtenemos el resultado siguiente: "Si un cuerpo B actúa sobre otro cuerpo A (acción) con una fuerza, el cuerpo A actúa sobre el B con una fuerza igual y de sentido contrario (reacción)". Este enunciado es conocido como el 3er. Principio de la dinámica, o principio de acción y reacción.

Este principio es de aplicación en las colisiones entre vehículos. Si un automóvil choca con una roca, cuanta más velocidad lleve (acción), mayor deformación sufrirá (reacción).

CENTRO DE GRAVEDAD

El Centro de gravedad o baricentro, es el punto donde se considera concentrado el peso de un cuerpo. Si suspendiésemos dicho objeto de un hilo del citado punto, guardaría el equilibrio en cualquier posición que le diéramos.

El Centro de gravedad de un figura geométrica regular y homogénea, es su centro geométrico.

El centro de gravedad de un vehículo no se mueve mientras éste realiza un movimiento uniforme sin aceleración debido al Principio de Inercia.

En toda colisión se ejerce una fuerza sobre el vehículo siguiendo una determinada trayectoria. Si esta fuerza se ejerce sobre una línea que pasa por el centro de gravedad, el vehículo sufrirá una aceleración o deceleración en la prolongación de la línea sobre la que ha actuado la fuerza (figura 2). Pero si ésta se ejerciera por una línea que no pasa por el centro de gravedad, el vehículo sufrirá un movimiento de rotación que tendrá como centro el de gravedad y se dirigirá en el mismo sentido en el que actúa la fuerza (figura 3), según el Principio de la cantidad de movimiento.

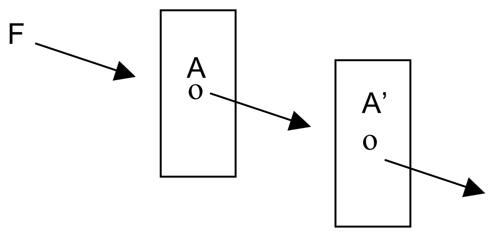


Fig. 2.
La fuerza pasa por el baricentro

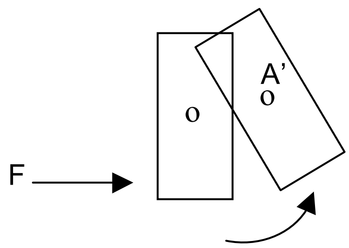


Fig.3
La fuerza pasa por un punto distinto del baricentro

El centro de gravedad influye en la estabilidad de los cuerpos de tal manera que cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él, sale de la base de sustentación del cuerpo, éste pierde el equilibrio (figura 4).

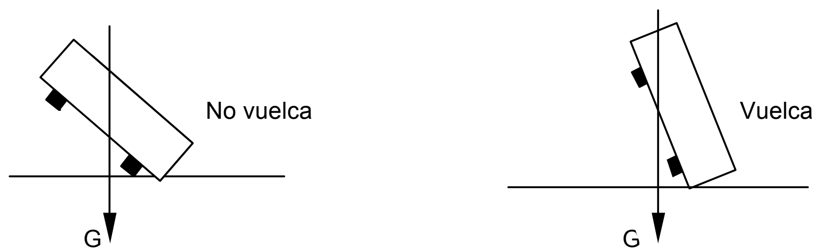
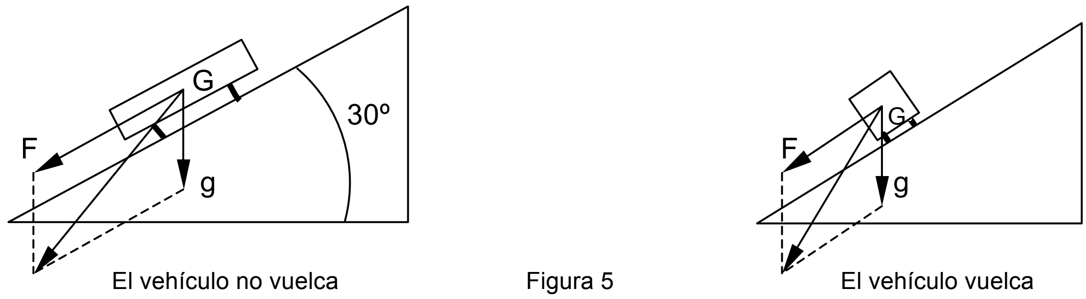


Fig. 4

Por tal motivo interesa siempre en haras de la mayor seguridad, que el centro de gravedad se halle lo más bajo posible como puede comprenderse en la figura 5, y que su distancia a los extremos de la base de sustentación del vehículo sea la mayor posible (cuanto más bajo sea el vehículo y cuanto más ancho, mayor estabilidad).

G = Centro de la gravedad



El vehículo no vuelca   Figura 5   El vehículo vuelca

Mismas F, g y ángulo de inclinación.

PESO DE UN CUERPO

El peso es la fuerza que actúa sobre un cuerpo debido a la influencia de la Tierra.
Como la intensidad de la gravedad “g” es la fuerza que actúa sobre la unidad de masa, la que actúa sobre una masa “m” es:

$$P = m \cdot g$$

A la dirección del peso la llamamos vertical y siendo de la misma dirección de ”g”, no pasa por el centro de la Tierra más que en los polos y en el Ecuador (todas las verticales se cortan en una región muy próxima al centro terrestre).
Las unidades de peso son las mismas que las de una fuerza: Dina (c.g.s), Newton (M.K.S), y kg. f (Técnico).
No hay que confundir, lo que es peso con la masa. Masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo:

$$m = \frac{P}{g}$$

El peso de un cuerpo disminuye conforme aumenta su altura.
Por este motivo a un vehículo le cuesta más esfuerzo subir una rampa que bajar una pendiente. En dichas rampas y pendientes, la velocidad del vehículo aumentará o disminuirá respectivamente en el equivalente de la aceleración debido a la gravedad, en relación con el ángulo de inclinación de la rampa o de la pendiente. De ahí la ecuación:

$$V = \text{Angulo} \cdot g$$

V = la velocidad
Ang. = ángulo de la pendiente o rampa (+ o -). En tanto por ciento.
g = aceleración de la gravedad.

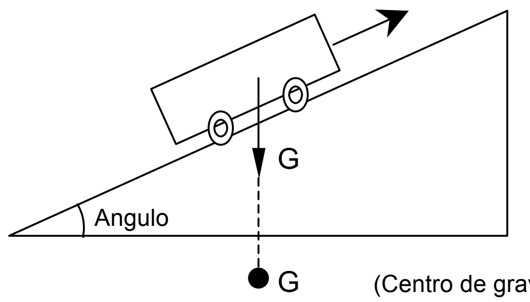


Fig. 6 (Centro de gravedad de la Tierra)

IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Se define la cantidad de movimiento “p” de una partícula como el producto de la masa “m” por su velocidad “v”, es decir:

$$\vec{p} = m.\ \vec{V} \qquad (3)$$

Como la masa es un escalar y la velocidad un vector, se deduce de la definición que “p” es una magnitud vectorial, que tiene la misma dirección y sentido de “v”.

En vista de enunciar la segunda ley de Newton (F = m. a) en términos de la cantidad de movimiento, supongamos que un móvil cambia su velocidad de “V_1 a V_2”. Su cantidad de movimiento cambia del valor $p_1 = m.\ v_1$ al valor $p_2 = m.\ v_2$. el cambio o la variación de la cantidad de movimiento será $\Delta p = p_2 - p_1$, que podemos escribir:

$$\overrightarrow{\Delta p} = m.\ \vec{v_2} - m.\ \vec{v_1} \quad \text{, o bién;}$$

$$\overrightarrow{\Delta p} = m.\ \overrightarrow{\Delta v} \qquad (4)$$

Dividiendo la relación (4) en el tiempo Δt en que se han realizado los cambios, queda:

$$\frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t} = m.\ \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} \qquad (5)$$

La cantidad (Δv/Δt) es la aceleración “a” del móvil, por lo tanto el segundo miembro de (5) es la fuerza F (= m.a) que obra sobre el mismo. Podemos escribir:

$$\vec{F} = \frac{\overrightarrow{\Delta p}}{\Delta t} \qquad (6)$$

La ecuación precedente es una manera de enunciar la segunda ley de Newton y nos dice que "la fuerza resultante que obra sobre una partícula es igual al cambio por unidad de tiempo, de su cantidad de movimiento", o bien, dicho de otra manera, "la fuerza es igual a la rapidez de cambio de la cantidad de movimiento".

Esta ecuación es una generalización de la definición de fuerza. Si la masa de la partícula es constante, podemos escribir, (Δp = m. Δv) (ecuación 4) y la (6) quedad:

$$\vec{F} = m.\ \vec{a} \qquad (7)$$

Que es la expresión conocida de la segunda ley de Newton.

En la mayoría de los problemas, la masa se mantiene constante y puede aplicarse la ecuación (7), pero en ciertos casos especiales la masa cambia durante la aplicación de la fuerza, y se debe trabajar con la relación general (6).

La ecuación (6) puede escribirse en la forma:

$$\vec{F}.\ \Delta t = \Delta \vec{P}$$

El primer miembro se llama IMPULSO ($\vec{I}$) de la fuerza en el tiempo Δt. Vemos en esta relación que el Impulso de un fuerza actuando un tiempo Δt sobre un partícula se insume en incrementar su cantidad de movimiento.

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

La cantidad de movimiento de un sistema (conjunto de cuerpos) es igual a la suma vectorial de las cantidades de movimiento de cada uno de los elementos que forman el sistema. Si no hay fuerzas exteriores, esta suma, es decir la cantidad de movimiento total del sistema, tiene la importante propiedad de conservarse a través de una interacción entre sus elementos.

Para justificar el principio de conservación de la cantidad de movimiento, supongamos que dos cuerpos de masas "m_1 y m_2" se mueven sobre una superficie horizontal sin rozamiento, como indica la figura 7 (a). Supondremos para simplificar, que los cuerpos son puntuales, y se mueven en la misma dirección y sentido. Podemos entonces trabajar con los módulos de las velocidades.

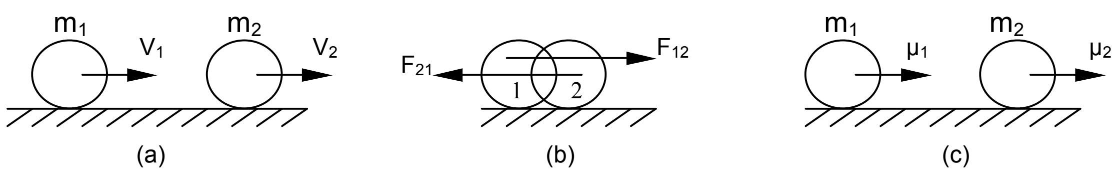


Fig. 7

Si el cuerpo 1 tiene mayor velocidad que el cuerpo 2, en algún momento aquel interacciona con este (fig. 7. (b)). Mientras haya contacto entre los cuerpos, esto es, mientras dure la interacción, el cuerpo 1 ejercerá una fuerza sobre el 2, que llamaremos F_{12}, mientras que el 2 ejerce sobre el 1 una fuerza F_{21}. El tercer axioma de Newton nos dice que estas fuerzas tienen el mismo módulo y dirección, pero distinto sentido.

Esto es:

$$F_{12} = - F_{21} \qquad (8)$$

Un instante anterior al choque, estas fuerzas no existen todavía. Al comenzar la interacción, el valor de F_{12} y F_{21} aumenta desde cero hasta un valor máximo (que corresponde a la máxima deformación de los cuerpos), para luego disminuir nuevamente a cero (cuando el choque ha terminado).

La consecuencia de la fuerza F_{12} (fuerza del cuerpo 1 sobre el 2) es proporcionar una aceleración "a_2" sobre la masa "m_2". Análogamente, F_{21} (fuerza del cuerpo 2 sobre el 1), produce una aceleración "a_1" sobre la masa "m_1". Por el segundo axioma de Newton, podemos escribir:

$$F_{12} = m_2 . a_2 \qquad\qquad F_{21} = m_1 . a_1$$

Esto es, teniendo en cuenta la ecuación (8):

$$m_1 . a_1 = - m_2 . a_2 \qquad (9)$$

Como las fuerzas cambian con el tiempo, también las aceleraciones a_1 y a_2 van a cambiar. Podemos suponer que toda la interacción se ha realizado con fuerzas medias $\overline{F}_{12}$ y $\overline{F}_{21}$. Estas fuerzas medias producirán aceleraciones medias $\overline{a}_1$ y $\overline{a}_2$. Entonces la ecuación queda:

$$m_1 . \overline{a_1} = - m_2 . \overline{a_2} \qquad (10)$$

Una vez que terminó la interacción, los cuerpos 1 y 2, siguen moviéndose sobre la misma recta, pero con velocidades μ_1 y μ_2 respectivamente (fig. 7, (c)). Si la interacción ha durado un tiempo Δt, podemos escribir:

$$\overline{a}_1 = \frac{\mu_1 - v_1}{\Delta t} \qquad ; \qquad \overline{a}_2 = \frac{\mu_2 - v_2}{\Delta t}$$

Que llevado a (10) resulta:

$$m_1 . \frac{(\mu_1 - v_1)}{\Delta t} = m_2 . \frac{(\mu_2 - v_2)}{\Delta t}$$

Simplificando Δt y ordenando queda:

$$m_1 . v_1 + m_2 . v_2 = m_1 . \mu_1 + m_2 . \mu_2 \qquad (11)$$

El primer miembro de esta ecuación es la cantidad de movimiento de los cuerpos antes del choque. El segundo miembro es la cantidad de movimiento después de la interacción. Esta última ecuación nos dice que la cantidad de movimiento del sistema es la misma antes y después del contacto.

Debe puntualizarse que la cantidad de movimiento (al igual que la energía) se conserva en sistemas cerrados, es decir, en aquellos sistemas que no reciben influencia externa.

Como ejemplo de conservación de la cantidad de movimiento, podemos citar el caso del motor a retropropulsión, utilizado en algunos aviones y cohetes espaciales. Un motor de este tipo arroja hacia atrás una cierta mas de combustible a gran velocidad, es decir, aparece una cantidad de movimiento. Para compensarla, la máquina se lleva una cantidad de movimientos igual y de sentido contrario, que la impulsa hacia delante. (Fig. 8).

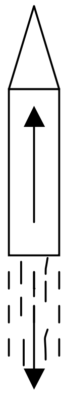


Fig. 8

CHOQUES

1) Choque perfectamente elástico:

Este tipo de choque se presenta cuando toda la energía invertida en deformar los cuerpos que interaccionan, se recupera al terminar el contacto. Es decir, la energía cinética del sistema se recupera totalmente después de la interacción.

Si consideramos nuevamente los cuerpos de la figura 7, y suponiendo, conocidas las masas de los cuerpos interactuantes y sus velocidades antes del choque, nos proponemos a encontrar las velocidades después del choque (μ_1 y μ_2). La conservación de la cantidad de movimiento nos provee de una relación para calcular μ_1 y μ_2:

$$m_1.v_1 + m_2.\ v_2 = m_1.\ \mu_1 + m_2.\ \mu_2 \qquad (11)$$

Pero ésta es una sola ecuación y son dos las incógnitas. La otra ecuación viene provista por el hecho de que la energía cinética total del sistema también se conserva en un choque elástico, esto es:

$$\frac{1}{2}\ .\ m_1.\ v_1^2 + \frac{1}{2}\ .\ m_2.\ v_2^2 = \frac{1}{2}\ .\ m_1.\ \mu_1^2 + \frac{1}{2}\ .\ m_2.\ \mu_2^2 \qquad (12)$$

Combinando estas dos últimas ecuaciones obtenemos:

$$m_1.\ (v_1 - \mu_1) = m_2\ .\ (\mu_2 - v_2) \qquad (13)$$

$$m_1.\ (v_1^2 - \mu_1^2) = m_2\ .\ (\mu_2^2 - v_2^2)$$

por división, y considerando que la diferencia de cuadrados es suma por diferencia, queda:

$$v_1 + \mu_1 = v_2 + \mu_2$$

De esta ecuación obtenemos:

$$\mu_1 = v_2 + \mu_2 - v_1 \qquad y \qquad \mu_2 = v_1 + \mu_1 - v_2$$

Valores que sustituidos en (13) nos dan:

$$m_1.\ (v_1 - v_2 - \mu_2 + v_1) = m_2.\ (\mu_2 - v_2)$$

$$m_1.\ (v_1 - \mu_1) = m_2\ .\ (v_1 + \mu_1 - v_2 - v_2)$$

Agrupando términos y despejando, obtenemos las incógnitas μ_1 y μ_2:

$$\boxed{\mu_1 = \frac{v_1.\ (m_1 - m_2) + 2.\ m_2.\ v_2}{m_1+m_2}} \qquad \boxed{\mu_2 = \frac{v_2.\ (m_2 - m_1) + 2.\ m_1.\ v_1}{m_1+m_2}} \qquad (14)$$

2) <u>Choque inelástico o plástico</u>

En este tipo de choque la energía cinética no se conserva, es decir, la energía gastada en la deformación no se recupera, quedando una deformación permanente.

En el choque los dos cuerpos se funden en uno solo, que sigue con una velocidad única μ.

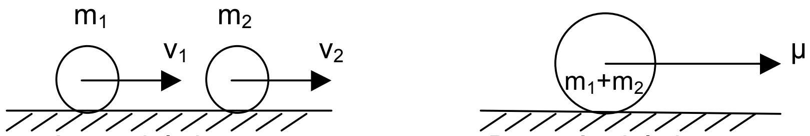


Fig. 9

La cantidad de movimiento antes del choque es igual a la cantidad de movimiento después del choque, por no actuar sobre el sistema fuerzas exteriores:

$$m_1.v_1 + m_2.\ v_2 = (m_1 + m_2)\ \mu \qquad ;$$

de donde:

$$\mu = \frac{m_1.v_1 + m_2.\ v_2}{m_1 + m_2} \qquad (15)$$

La energía cinética antes del choque es mayor que la de después del choque, transformándose su diferencia en energía de deformación y calor. La variación de energía es:

$$\Delta\ Ec = \frac{1}{2}\ .\ m_1.\ v_1^2 + \frac{1}{2}\ .\ m_2.\ v_2^2 = \frac{1}{2}\ .\ (m_1+m_2).\ \mu^2 \qquad (16)$$

3) <u>Choque semi – elásticos o semi – plásticos</u>:

Este tipo de choque es el más común en la práctica. A pesar que la cantidad de movimiento de sistema se conserva siempre, en este caso también hay pérdida de energía cinética en la deformación de los cuerpos.

Como se dijo el choque perfectamente elástico queda caracterizado (conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética del sistema) por la ecuación:

$$v_1 + \mu_1 = v_2 + \mu_2$$

$$v_1 - v_2 = -(\mu_1 - \mu_2) \qquad (17)$$

$v_1 - v_2$ y $\mu_1 - \mu_2$; representan a la velocidad relativa del primer cuerpo con respecto al segundo, antes y después del choque.

"En el choque perfectamente elástico se verifica: la velocidad relativa de uno de los cuerpos con respecto del otro es, antes del choque, igual y de signo contrario a la de después del choque."

Se llama coeficiente de restitución, al cociente de tales velocidades relativas (después y antes del choque) con signo negativo.

$$\square = -\frac{\mu_1 - \mu_2}{v_1 - v_2} \qquad (18)$$

En el choque perfectamente elástico $\square = 1$, en el inelástico, al ser la velocidad de los dos cuerpos la misma después de realizado el choque: $\square = 0$.

Entre estos dos casos límite, están los que corresponden, en general, a un choque real.

Conocido el coeficiente de restitución, las ecuaciones (11) y (12), resuelven el problema de determinar las velocidades después del choque, conocidas las de antes de él y las masas de los cuerpos:

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = m_1.\mu_1 + m_2.\mu_2 \quad ; \quad \mu_1 - \mu_2 = \square.(v_2 - v_1)$$

Eliminando μ_2, de las ecuaciones anteriores, obtenemos:

$$\mu_1 = v_1.\frac{m_1 - \square.m_2}{m_1 + m_2} + \frac{m_2.\ v_2.(\square + 1)}{m_1 + m_2}$$

y por eliminación de μ_1, se tiene:

$$\mu_2 = v_2.\frac{m_2 - \square.m_1}{m_1 + m_2} + \frac{m_1.\ v_1.(\square + 1)}{m_1 + m_2}$$

Estas ecuaciones se transforman en la (14), en cuanto hagamos $\square = 1$ (choque elástico); haciendo $\square = 0$ (choque inelástico) obtenemos la ecuación (15).

FUERZA CENTRÍPETA Y CENTRÍFUGA

Fuerza centrípeta es la causa productora de la aceleración normal o centrípeta, en un movimiento curvilíneo.
Es por lo tanto, una magnitud vectorial, de la dirección del radio, de sentido hacia el centro de la curva y cuyo módulo es el valor del producto de la masa del punto material, por su aceleración centrípeta:

$$f_c = m.\frac{v^2}{r} = m.\,\omega^2.\,r \quad ; \qquad v = \omega.\,r$$

ω = velocidad angular

La aceleración normal o centrípeta media es la variación media de dirección de la velocidad en la unidad del tiempo. La dirección de la aceleración normal en cada instante es la del radio de la curva y de sentido hacia el centro de la misma y su valor es:

$$a_n = \frac{v^2}{r}\,.\,n^o$$

r = radio de la curva.
n^o = vector unitario, en la dirección normal de la curva.

Del mismo módulo y dirección que la fuerza centrípeta pero de sentido contrario se origina, por el hecho de existir la aceleración centrípeta, una fuerza de inercia (fuerza centrífuga) cuya existencia se supedita a la de la fuerza centrípeta.

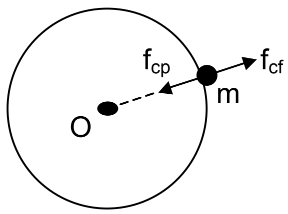


Fig. 10

Al dar vueltas a un cuerpo sujeto al extremo de una cuerda, se mantiene en su trayectoria circular por la igualdad de las dos fuerzas; al soltar la cuerda, se elimina la fuerza centrípeta desapareciendo, también, la centrífuga, saliendo el cuerpo por la tangente, por inercia, o tendencia a seguir con el movimiento que tenía.
Se llama “Fuerza Centrífuga”, a aquella que se presenta en el movimiento curvilíneo y que tiende a separar un cuerpo del centro del arco de la curva, siguiendo por la tangente. Cuando el vehículo en que viajamos toma una pronunciada curva a la izquierda nosotros notamos que una fuerza nos empuja hacia la derecha. Es la Fuerza Centrífuga.
Para compensar la fuerza centrífuga en las curvas de la rutas se construyen los peraltes, que se colocan para que su inclinación sea la suficiente para anular la fuerza centrífuga a una determinada velocidad y sin que, al mismo tiempo su inclinación suponga peligro de

resbalamiento hacia el interior de la curva para aquellos vehículos que circulen a velocidades inferiores.

La fuerza centrífuga se manifiesta no sólo en el vehículo sino en los objetos que lleva dentro, ocasionando unos desplazamientos que pueden provocar fácilmente un vuelco.

UNIDADES DE FUERZA

En el sistema M.K.S, la unidad de fuerza es el Newton (N), que se define como la fuerza que le imprime a la masa de 1kg, la aceleración de 1 m/seg^2. Entonces.

$$1 \text{ Newton} = 1 \text{ Kg. } 1 \text{ m/seg}^2$$

En el sistema C.G.S, la unidad de fuerza se llama dina (din) y se define como la fuerza que le imprime al gramo masa una aceleración de 1 cm/seg^2:

$$1 \text{ dina} = 1 \text{ gr . } 1 \text{ cm/seg}^2$$

De las definiciones de Newton y dina se desprende inmediatamente que:

$$1 \text{ Newton} = 10^5 \text{ dinas}$$

En el sistema Técnico, como unidad de fuerza se ha elegido, a la fuerza con que la Tierra atrae a 45º de latitud y al nivel del mar, la cuerpo de platino e iridio que se encuentra en el museo de Sévres, y esta fuerza se denominó Kilogramo fuerza ($\vec{Kg}$.).

El kilogramo fuerza (para distinguirlo del kilogramo masa) es entonces el peso del kilogramo patrón. Entonces el $\vec{kg}$ es la fuerza que le imprime al kilogramo masa una aceleración “g” (9,8 m/seg^2):

$$1 \ \vec{kg} = 1 \text{ kg . } 9{,}8 \text{ m/seg}^2$$

De esta definición surge evidentemente que:

$$1 \ \vec{kg} = 9{,}8 \text{ N} = 9{,}8 \ . \ 10^5 \text{ dinas}$$

En el sistema técnico la masa sería una cantidad derivada, y su unidad (Unidad Técnica de masa) la definimos: “Una masa es igual a la unidad, cuando actuando sobre ella una fuerza de 1 kg, le imprime una aceleración de 1 m/seg^2”.

En la tabla siguiente están resumidas las unidades de fuerza en los diferentes sistemas de unidades, y sus interrelaciones:

	Newton	Dina	Kg
1 Newton	1	10^5	0,102
1 dina	10^{-5}	1	$0{,}102 \times 10^{-5}$
1 kg	9,8	$9{,}8 \times 10^{-5}$	1