

DINÁMICA

1. CONCEPTO DE FUERZA. TIPOS Y UNIDAD

- CONCEPTO DE FUERZA

La fuerza es una magnitud asociada a las interacciones entre los sistemas materiales (cuerpos). Para que se pueda hablar de fuerzas es necesario contar al menos con dos sistemas materiales que interaccionen.

Es importante "romper" la idea de fuerza, que tiene el alumnado, como propiedad intrínseca de algunos cuerpos. UN CUERPO NO TIENE FUERZA. Un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro o bien la recibe de éste.

ERROR: " ¡Qué fuerza tengo! " ; " ¡Tengo más fuerza que tú! "

LO CORRECTO: " ¡Qué fuerza estoy aplicando / recibiendo!"

- TIPOS DE FUERZAS

Una fuerza es una acción física (interacción) que se ejercen entre dos cuerpos. Según el tipo de interacción podemos clasificar las fuerzas en dos grandes grupos:

1. De contacto: los dos cuerpos que interaccionan están en contacto. (Ej.: empujar el carro de la compra).
2. A distancia: los dos cuerpos que interaccionan se encuentran separados entre sí una distancia "d". Éstas pueden ser gravitatorias (entre masas), electrostáticas (entre cargas), electromagnéticas, etc.

- MAGNITUD VECTORIAL

La fuerza es una propiedad que puede ser medida, por ello decimos que es una magnitud física. Para identificar todas las fuerzas presentes en algunas situaciones, utilizaremos vectores (punto de aplicación, módulo, dirección y sentido), aunque sólo sea como medio de representación.



- UNIDADES

La unidad de fuerza que reconoce el S.I. de unidades es el Newton (N). Más adelante veremos su significado.

2. RELACIÓN ENTRE FUERZA Y MOVIMIENTO

REPRESENTACIÓN DE FUERZAS

Cada vez que tomemos un cuerpo para someterlo a un análisis de fuerzas, vamos a representar las fuerzas que actúan sobre ese cuerpo, aunque sin olvidar (como veremos en el tercer principio de la Dinámica) que ese cuerpo también realiza fuerzas sobre otros.

Es importante que se nombre cada fuerza, especificando los cuerpos que interaccionan.

RESULTANTE DE UN SISTEMA DE FUERZAS

Se llama resultante de un sistema de fuerzas a la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (aunque éstas tengan diferente dirección y sentido). La resultante de un sistema de fuerzas representa el efecto total o neto que producen todas las fuerzas que actúan sobre ese cuerpo.

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$$

- SUMA DE FUERZAS (Gráfica y Analíticamente)

- *Si tienen la misma dirección y ...*

... el mismo sentido, se suman los módulos de todas ellas.

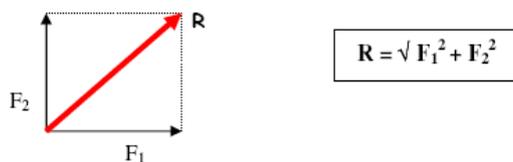


... distinto sentido, se restan los módulos.

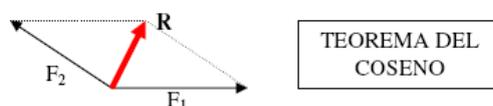


- *Si no tienen la misma dirección y ...*

... son perpendiculares (90°), se aplica el teorema de Pitágoras



... No son perpendiculares, (aplicar teorema del coseno).



este tipo)

(Nosotros no haremos de

EFECTO DE LA FUERZA RESULTANTE

Una sola fuerza que actúa sobre un cuerpo, o la resultante de un sistema de fuerzas que actúa sobre ese cuerpo, solamente puede producir dos efectos sobre dicho cuerpo, como son:

- Una deformación
- Un cambio de velocidad

Debe dejarse claro que no es necesario que exista una fuerza en el sentido del movimiento de un cuerpo, mientras éste está en movimiento (ejemplo de bola lanzada verticalmente hacia arriba, cuando ésta está en el aire). Hay que recordar que las fuerzas producen cambios de movimiento, es decir, aceleraciones, y no están relacionadas directamente con la velocidad.

Para que podamos decir que un cuerpo se encuentra en movimiento, la resultante del sistema de fuerzas que actúa sobre él debe ser distinta de cero ($R \neq 0$).

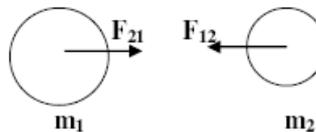
Si la resultante de un sistema de fuerzas que actúa sobre un cuerpo es nula ($R = 0$), el efecto neto provocado sobre dicho cuerpo también será nulo.

3. FUERZA DE ATRACCIÓN GRAVITATORIA. “LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Al inicio del tema se citó que para que existiese una fuerza era preciso que hubiese una interacción entre dos sistemas materiales (cuerpos). Si hablamos de masas, cabe destacar que su **interacción siempre va a ser atractiva**, esto es, dos masas siempre tienden a atraerse.

Esto último se pone de manifiesto mediante la ley de la Gravitación Universal, enunciada por el físico y matemático inglés Isaac Newton, a finales del s. XVII, que dice que: "la fuerza con la que se atraen dos masas es directamente proporcional al producto de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa".

$$F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



G: constante de gravitación universal
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kg}^2}$

Con esta ley podemos calcular la fuerza de atracción existente entre dos masas cualesquiera. Si las masas son pequeñas, la fuerza gravitatoria es muy pequeña y no se aprecia a simple vista pero existe. En cambio, cuando una de las dos masas es enorme (p.ej.: Tierra) sí se nota que se atraen, en concreto, la de la mayor sobre la menor; pero la interacción es mutua y del mismo valor.

EL PESO

Al estudiar, en el tema anterior, el movimiento de caída libre de los cuerpos, vimos que todos los cuerpos, por efecto de la fuerza de atracción de la Tierra sobre ellos, se ven sometidos a una aceleración constante llamada aceleración de la gravedad ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$). Esta fuerza de atracción de la tierra sobre los cuerpos, se conoce como **peso**. Si la masa del cuerpo es "m", su peso será:

$$P = m \cdot g$$

Al ser el peso una fuerza, se expresa en N (unidad del S.I.). Se trata de una magnitud vectorial en la que el módulo es el producto de la masa por el valor de la aceleración de la gravedad, la dirección es radial, el sentido se orienta hacia el centro de la Tierra y el punto de aplicación se sitúa en el centro de gravedad del cuerpo en cuestión.

Como el peso es la fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos, también podemos calcularlo aplicando la ley de la Gravitación Universal:

$$F_g = G \cdot \frac{M_T \cdot m'}{R_T^2}$$

Una masa situada en la superficie de la Tierra se encuentra separada del centro de ésta, el valor del radio terrestre.

Como $R_T = 6370 \text{ Km.}$ y $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$, podemos calcular F_g :

$$F_g = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2} \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ Kg} \cdot 50 \text{ Kg.}}{(6.370.000 \text{ m})^2} = 490 \text{ N} ; \text{ éste sería el peso de un cuerpo de masa } 50 \text{ Kg.}$$

Luego, si

$$\text{Peso} = G \cdot \frac{M_T \cdot m'}{R_T^2}$$

y también

$$P = m \cdot g$$

entonces,

$$g_T = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2} \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ Kg}}{(6.370.000 \text{ m})^2} = 9.81 \frac{\text{N}}{\text{Kg}} \quad (\text{La unidad que usaremos será } \text{m/s}^2)$$

DIFERENCIA ENTRE MASA Y PESO

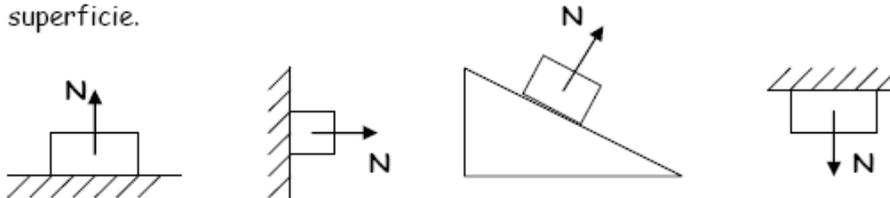
Es muy importante saber diferenciar los conceptos de masa y peso. Masa es la cantidad de sustancia que tiene un cuerpo y se expresa en Kg. (unidad S.I.), mientras que peso es una fuerza y se expresa en N (unidad S.I.).

ERROR: "Hoy me pesé y estoy en 50 Kg."

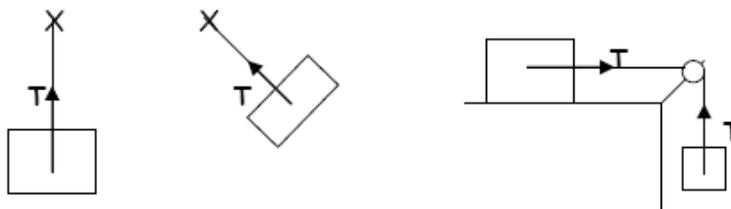
CORRECTO: "Mi peso es de 490 N ($P = mg$)".

4. FUERZAS HABITUALES

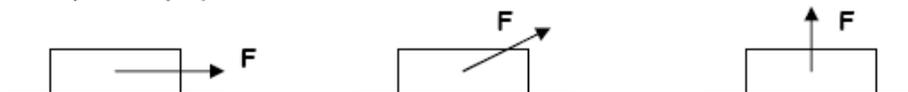
- **Peso (P):** ya visto.
- **Normal (N):** es la fuerza que ejerce una superficie sobre un cuerpo que se encuentra en contacto con ella, como consecuencia de la interacción entre ambos. La dirección de esta fuerza es perpendicular a la superficie de contacto (ángulo de 90°) y su sentido es hacia fuera de la superficie.



- **Tensión (T):** aparece siempre que exista una cuerda. Es la fuerza que sufre un cuerpo por parte de una cuerda. Su dirección es la de la propia cuerda y su sentido es hacia el punto de sujeción (fijo) de la cuerda.



- **Fuerza aplicada a un cuerpo (F):** depende de la dirección y del sentido en que se aplique.



5. LEYES DE LA DINAMICA: LEYES DE NEWTON

PRIMER PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: "LEY DE INERCIA"

Todo cuerpo permanece en estado de reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme mientras no actúe sobre él una fuerza neta (varias fuerzas pueden estar actuando sobre el cuerpo, pero si la resultante es nula, no hay fuerza neta)

La inercia es la tendencia de un cuerpo a mantener su estado de reposo o de movimiento. (**Ejemplo:** cuando vas en coche, autobús o tren y éste arranca, frena o cambia de dirección, te sientes "empujado", pues por inercia tiendes a mantenerte en tu posición primitiva).

Si no fuera por la acción de las fuerzas, los estados de reposo o de M.R.U. serían invariables. Es evidente que un cuerpo en reposo no se moverá hasta que una fuerza actúe sobre él. En cambio, la segunda premisa no se comprende con tanta facilidad, puesto que todos hemos observado que cuando un cuerpo se mueve siempre termina parándose, lo que parece estar en contradicción con este principio.

La explicación hemos de buscarla en la existencia de una fuerza "no visible". Esta fuerza, que estudiaremos más adelante, es la llamada fuerza de rozamiento.

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: "LEY FUNDAMENTAL"

Del primer principio se deduce que si la resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es cero, dicho cuerpo permanece en reposo o se desplaza en línea recta a velocidad constante.

Pero, ¿qué sucede si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es distinta de cero? Sucede que el cuerpo experimenta un cambio de velocidad, es decir, una aceleración.

La suma de todas las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo (fuerza neta o resultante) es directamente proporcional a la aceleración que éste adquiere.

$$\Sigma F = m \cdot a$$

De acuerdo con la ecuación fundamental de la Dinámica, podríamos definir al Newton (N), como "la fuerza que al actuar sobre un cuerpo de 1 Kg. de masa le comunica a dicho cuerpo una aceleración de 1 m/s² en su misma dirección y sentido".

Recuerda que el cuerpo se acelera en el sentido en el que actúa la fuerza neta o resultante. Si la fuerza neta actúa sobre un cuerpo en movimiento, éste experimentará una aceleración (F en la misma dirección y sentido), una deceleración (F en misma dirección y distinto sentido) o incluso cambiará la dirección en la que se mueve (F en distinta dirección al movimiento).

TERCER PRINCIPIO DE LA DINÁMICA: "ACCIÓN - REACCIÓN"

Por sí mismo un cuerpo no puede experimentar ni ejercer ninguna fuerza. Las fuerzas surgen solamente como resultado de las interacciones entre los cuerpos y, por tanto, siempre responden a un proceso de acción y reacción. Las fuerzas de acción y reacción tienen idéntico módulo y dirección, pero sentidos opuestos.

Newton formuló estos supuestos en lo que se conoce como el tercer principio (ley) de la dinámica, también conocido como principio de acción y reacción.

Cuando dos cuerpos interactúan, el primero ejerce una fuerza sobre el segundo (acción) al mismo tiempo que el segundo ejerce otra fuerza sobre el primero (reacción), simultánea y de idéntico módulo y dirección pero de sentido contrario.

El tercer principio describe una propiedad importante de las fuerzas: siempre se presentan en parejas. Las fuerzas de acción y reacción nunca pueden equilibrarse (anularse) entre sí, debido a que actúan sobre cuerpos diferentes.

6. LA FUERZA DE ROZAMIENTO

Según el primer principio de la dinámica, un cuerpo en movimiento uniforme y rectilíneo permanece indefinidamente en ese estado y, de acuerdo con el segundo principio, toda fuerza aplicada a un cuerpo, por pequeña que sea, produce una aceleración.

Sin embargo, la experiencia nos muestra que esas dos afirmaciones, aparentemente, no se cumplen. Ello es debido a la presencia de una fuerza llamada fuerza de rozamiento.

La fuerza de rozamiento es aquella fuerza opuesta al movimiento que se manifiesta en la superficie de contacto de dos sólidos, siempre que uno de ellos se mueva o tienda a moverse sobre el otro.

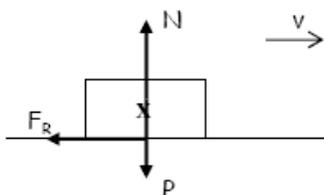
Ejemplo: debido al rozamiento, los neumáticos de los coches de *Formula 1* se deterioran tan rápidamente que es necesario cambiarlos cada 150 Km. de carrera.

Matemáticamente la fuerza de rozamiento puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$F_R = \mu \cdot N$$

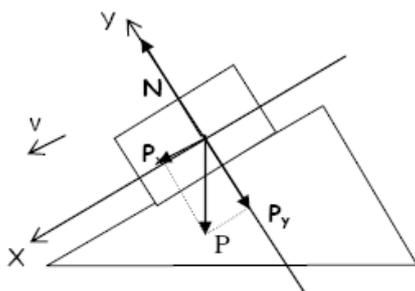
μ : coeficiente de rozamiento (sólo depende de la naturaleza de la superficie de contacto)

Pero, ¿cuál es el valor de la fuerza normal?



$$N = P$$

$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P = \mu \cdot m \cdot g$$



$$N = P_y$$

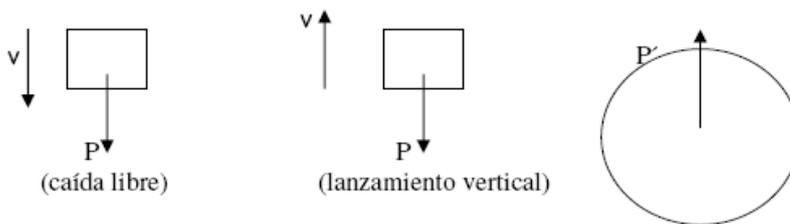
$$F_R = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

La fuerza de rozamiento actúa siempre en sentido contrario al movimiento del cuerpo que se desliza. Siempre es una fuerza de frenado. Luego, si consideramos el sentido del movimiento como positivo, la aceleración va a ser (-).

7. ESTUDIO CUALITATIVO DE ALGUNOS MOVIMIENTOS

LA CAÍDA LIBRE

Es cierto que para impulsar un cuerpo verticalmente hacia arriba necesitamos imprimirle una fuerza en el momento de lanzarlo. Pero, ¿qué fuerzas actúan sobre ese cuerpo cuando está en el aire? Si seguimos despreciando el rozamiento con el aire, tan sólo influye una fuerza sobre el cuerpo, como es el peso, ya que dicho cuerpo es atraído por la Tierra.



Recuerda por el tercer principio de la dinámica que ese cuerpo también provoca sobre la Tierra la misma fuerza (en módulo) pero de sentido contrario.

EL MOVIMIENTO CIRCULAR

Un cuerpo describe un movimiento circular uniforme cuando su trayectoria es una circunferencia y barre ángulos iguales en tiempos iguales.

Cuando un cuerpo describe un movimiento circular uniforme está sujeto a una aceleración dirigida hacia el centro de la circunferencia, llamada **aceleración centrípeta**.

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

La fuerza responsable de esta aceleración actúa en la misma dirección que aquélla y recibe el nombre de **fuerza centrípeta (F_c)**.

$$F_c = m \frac{v^2}{R}$$

Este tipo de movimiento queda puesto de manifiesto en el sistema planetario. La presencia de esta fuerza centrípeta (fuerza de atracción gravitatoria), junto al equilibrio con la fuerza centrífuga (ficticia), es la que provoca que los planetas mantengan siempre una misma órbita.