

## Tema 9.- DINÁMICA. LAS FUERZAS Y SUS EFECTOS.

En la Cinemática sólo hemos estudiado la descripción de los movimientos en función de su posición, su velocidad y su aceleración, las cuales estaban relacionadas mediante las ecuaciones de movimiento.

Es una descripción puramente matemática que no nos indica cómo se ha originado el movimiento ni tampoco cómo se puede modificar. La respuesta a todo esto nos la ofrece la Dinámica.

### 1.- LAS FUERZAS COMO MEDIDA DE LAS INTERACCIONES

#### 1.1.- ¿Qué es la fuerza?

Es toda causa que produce una deformación o un cambio en el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.

Su unidad en el S.I. es el **newton** (N).

Características:

- Son magnitudes vectoriales: hay que saber su punto de aplicación, dirección, sentido y módulo.
- Pueden ser por contacto o a distancia.
- Siempre actúan por parejas, pues resultan de la interacción entre cuerpos.
- Si actúan varias fuerzas simultáneamente sobre un cuerpo, su efecto es el mismo que el de la fuerza resultante (o neta) de la suma vectorial de todas ellas.

**Composición de fuerzas:** recordar suma de vectores (gráfica y analíticamente)

(Hacer ejercicio 3 de pág. 266)

#### 1.2.- Fuerzas por contacto y a distancia

Las fuerzas a distancia que podemos observar en la vida cotidiana son la fuerza gravitatoria (al caer los objetos) y las fuerzas electromagnéticas (atracción entre imanes o atracción de un papelito con un bolígrafo electrizado con lana).

El resto de fuerzas que observamos son fuerzas por contacto.

#### 1.3.- Interacciones fundamentales

Las interacciones o fuerzas fundamentales del Universo las podemos clasificar en cuatro grupos:

- Interacción **gravitatoria**. Su estudio lo realizó fundamentalmente Isaac Newton.
- Interacción **electromagnética**: Resulta de la unificación que hizo Maxwell de las fuerzas eléctricas y las magnéticas.
- Interacción **nuclear fuerte**: Se descubre a principios del siglo XX, con el estudio del núcleo de los átomos. Es la más intensa de todas y es la responsable de que se mantengan unidos los protones y los neutrones dentro del núcleo atómico.
- Interacción **nuclear débil**: Es la que explica la descomposición de los núcleos de los átomos radiactivos.

Teorías más recientes tratan de unificar más estas fuerzas. Así apareció en 1973 el **modelo estándar** y posteriormente se está trabajando en la **teoría de cuerdas**, para intentar unificar todas las interacciones del Universo en una sola: **la teoría del todo**.

### 1.4.- Algunas fuerzas cotidianas

- a) Fuerza **peso** (P): Siempre es vertical y hacia el centro de la Tierra.  $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$
- b) Fuerza **normal** (N): Es la fuerza que ejerce la superficie de contacto sobre un cuerpo cuando este está apoyado en ella. Siempre es perpendicular a dicha superficie.  
Si la superficie es horizontal:  $\vec{N} = -\vec{P}$  Si la superficie es inclinada:  $\vec{N} = -\vec{P}_v = -\vec{P} \cdot \cos \alpha$
- c) Fuerzas **elásticas** (F<sub>e</sub>): Son fuerzas recuperadoras que originan los cuerpos elásticos cuando se deforman. Vienen reguladas por la ley de Hooke.  $\vec{F}_e = -k \cdot \vec{x}$
- d) Fuerza de **tensión** (T): Es la fuerza transmitida por cuerdas o cables cuando estos tiran de un cuerpo.
- e) Fuerzas de **rozamiento** (F<sub>R</sub>): Se producen cuando un cuerpo desliza sobre otro y entre sus superficies hay fricción. Son fuerzas que siempre se oponen al movimiento y su módulo es proporcional a la fuerza normal.  $F_R = \mu \cdot N$  ( $\mu$  depende de los tipos de superficies en contacto)  
( Existe un  $\mu_{\text{estático}}$  y un  $\mu_{\text{dinámico}}$ )

(Ver ejercicios resueltos 1 y 3 de pág. 245)

## 2.- PRINCIPIOS DE LA DINÁMICA

### 2.1.- Primera ley. Principio de inercia.

Enunciado: "Todos los cuerpos permanecen en su estado de reposo o de m.r.u., salvo que actúe una fuerza exterior sobre ellos".

Otra forma de enunciarla: Si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza (o las que actúan se anulan), el cuerpo permanecerá en reposo (si ya lo estaba) o se moverá indefinidamente con velocidad constante (es decir con movimiento rectilíneo uniforme).

Esta definición nos lleva al concepto de **inercia**: *tendencia de los cuerpos a continuar con su estado de reposo o movimiento*. La medida cuantitativa de la inercia es la **masa** (m) y se mide en kg.

### 2.2.- Segunda ley. Principio fundamental de la dinámica.

Enunciado: "El cambio en el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa sobre él y tiene lugar en la dirección de la misma".

Otra forma: Si sobre un cuerpo actúa una fuerza neta, éste sufrirá una aceleración en su misma dirección que será directamente proporcional a dicha fuerza e inversamente proporcional a su masa.

Matemáticamente:  $\vec{a} = \vec{F}/m$  o lo que es igual:  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Hemos de tener en cuenta en esta expresión que

- \* La fuerza es **la resultante** de todas las fuerzas que actúen sobre el cuerpo.
- \* La fuerza y la aceleración **tienen igual dirección y sentido**.
- \* Nos permite definir el **newton**: fuerza que debe aplicarse a un cuerpo de 1 kg de masa para que su aceleración sea de 1 m/s<sup>2</sup>
- \* Es una ecuación **vectorial**, por lo que  $F_x = m \cdot a_x$  ;  $F_y = m \cdot a_y$

(Ver ejercicio resuelto 4 de pág. 248)

(Hacer ejercicio 24 de pág. 268)

### 2.3.- Tercera ley. Principio de acción y reacción.

Enunciado: "Cuando dos cuerpos interactúan, se ejercen mutuamente fuerzas iguales y de sentidos contrarios".

Matemáticamente:  $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

Consideraciones:

- \* A una de ellas se llama acción y a la otra reacción.
- \* Actúan simultáneamente pero cada una sobre uno de los cuerpos, por lo cual no se anulan entre sí (dos fuerzas iguales y de sentido contrario se anulan si actúan sobre un mismo cuerpo).
- \* Este principio se cumple tanto para fuerzas por contacto como para fuerzas a distancia.

(Ver ejercicio resuelto 6 de pág. 249)

## 4.- DINÁMICA DE ALGUNOS MOVIMIENTOS

### 4.1.- Movimiento rectilíneo uniforme.

Puesto que la velocidad es constante no hay aceleración, no existirá fuerza neta. Por tanto, todas las fuerzas deben anularse entre sí.

### 4.2.- Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

En este caso existe aceleración, pero solo tangencial. La velocidad y la aceleración tienen igual dirección. Existirá una fuerza neta que debe tener el sentido de la aceleración. Si dicha fuerza lleva el sentido igual a la velocidad producirá un aumento de ésta y si lleva sentido contrario provocará una disminución de la velocidad. Para que la aceleración sea constante la fuerza también debe de serlo.

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

### 4.3.- Movimiento circular uniforme.

Sólo existe aceleración centrípeta o normal, por lo cual el cuerpo estará sometido a una fuerza centrípeta. Dicha fuerza lleva el sentido de la aceleración, es decir hacia el centro de la circunferencia, por lo cual siempre es perpendicular a la velocidad.

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c \quad F_c = m \cdot v^2 / R$$

## 5.- ESTUDIO DINÁMICO DE SITUACIONES COTIDIANAS

Hemos de seguir el siguiente procedimiento:

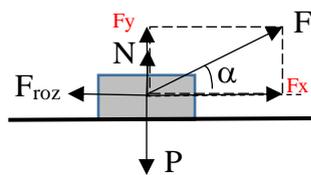
- 1º) Identificar las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo y dibujar un esquema de las mismas (recordar que las fuerzas salen siempre del centro del cuerpo).
- 2º) Utilizando el sistema de referencia adecuado, se calculan las componentes de cada fuerza y las de la resultante.
- 3º) Se aplica la segunda ley de Newton.

### 5.1.- Movimiento en un plano horizontal producido por una fuerza que forma cierto ángulo.

Tomamos como sistema de referencia un sistema cartesiano con origen en el centro del cuerpo.

En este caso la componente paralela al plano de la fuerza resultante es la responsable del movimiento.

Como no hay movimiento vertical, la componente vertical al plano de la fuerza resultante será nula.



$$\begin{cases} \sum F_x = m \cdot a \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_x - F_{roz} = m \cdot a \\ N + F_y - P = 0 \end{cases}$$

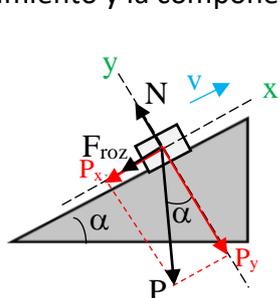
**Ejercicio:** Se arrastra un cajón de 10 kg mediante una cuerda haciendo una fuerza de 50 N formando un ángulo de 30° con el suelo. Si el coeficiente de rozamiento de la caja con el suelo es de 0,15 calcula la aceleración con que se mueve.

**(Hacer ejercicio 25 de pág. 268)**

### 5.2.- Movimiento en un plano inclinado.

Tomamos como sistema de referencia el que tiene el origen en el centro del cuerpo y cuyo eje X es paralelo al plano inclinado. Además, el sentido positivo será el sentido del movimiento del cuerpo.

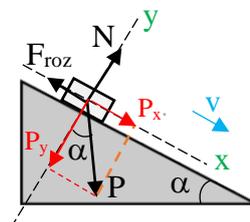
Al igual que antes, la componente paralela al plano de la fuerza resultante es la responsable del movimiento y la componente vertical al plano de la fuerza resultante será nula.



$$\begin{cases} \sum F_x = m \cdot a \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

Cuando el cuerpo asciende:

$$\begin{cases} -P_x - F_{roz} = m \cdot a \\ N - P_y = 0 \end{cases}$$



Cuando el cuerpo desciende:

$$\begin{cases} P_x - F_{roz} = m \cdot a \\ N - P_y = 0 \end{cases}$$

**(Ver ejercicio resuelto 12 de pág. 255)**

**(Hacer ejercicio 27 de pág. 268)**

### 5.3.- Movimiento de cuerpos enlazados (mediante cuerdas y/o poleas).

Consideraciones a tener en cuenta:

- La tensión es la misma en todos los puntos de una cuerda tensa.
- Las poleas solo cambian la dirección de la tensión.
- Se pueden utilizar sistemas de referencia distintos para cada cuerpo.
- Se plantea la segunda ley de Newton para cada uno de los cuerpos del sistema.
- La velocidad y la aceleración tendrán valores iguales para todos los cuerpos del sistema.

**(Hacer como ejemplos los ejercicios 32 y 33 de pág. 259)**

**(Ver ejercicio resuelto 14 de pág. 256)**

**(Hacer ejercicio 29 de pág. 268)**

## Actividades de repaso del Tema 9: DINÁMICA

- 1.- Un bloque de 100 kg de masa se arrastra por una superficie horizontal por la acción de una fuerza de 980 N. Si el coeficiente dinámico de rozamiento entre el bloque y la superficie es de 0,25. Calcula:
  - a) La aceleración que adquiere el bloque. *(7,35 m/s<sup>2</sup>)*
  - b) La velocidad al cabo de 1 min. *(441 m/s)*
  - c) El espacio recorrido en 1 min. *(13230 m)*
  
- 2.- Juan empuja el carrito de la compra del supermercado (20 kg) aplicando una fuerza de 15 N. La fuerza de rozamiento con el suelo puede considerarse constante e igual a 5 N.
  - a) Dibujar y calcular el valor de todas las fuerzas que actúan sobre el carrito. Calcular la velocidad que adquirirá el carrito a los 2 s, suponiendo que parte del reposo. *(200 N, 200 N, 15 N, 5 N; 1 m/s)*
  - b) Si a partir de ese instante queremos que se mueva con velocidad constante. ¿que fuerza tendrá que aplicar Juan? ¿en qué principio de la dinámica te basas? *(5 N)*
  - c) Si Juan deja de empujar y suelta el carrito. ¿Cuánto tiempo tardará en pararse? ¿Qué distancia recorrerá hasta que se pare? *(4 s ; 2 m)*
  
- 3.- Levantamos una pesa de 10 kg mediante una cuerda aplicando una fuerza de 110 N. Calcular:
  - a) Aceleración que sufrirá la pesa. *(1,2 m/s<sup>2</sup>)*
  - b) Velocidad al cabo de 0,4 s. (despreciar el rozamiento con el aire) *(0,48 m/s)*
  
- 4.- Empujamos un carro de 100 kg con una fuerza de 25 N. El carro, que al principio estaba quieto, alcanza la velocidad de 1 m/s en 5 s.
  - a) ¿Qué aceleración adquiere?. *(0,2 m/s<sup>2</sup>)*
  - b) ¿Qué fuerza de rozamiento existe entre el carro y el suelo? *(5 N)*
  - c) Si desde el principio la fuerza de rozamiento fuera de 100 N. ¿Qué le ocurriría al carro? ¿Por qué? *(Se quedará en reposo)*
  
- 5.- Por efecto de una fuerza constante, un automóvil de 750 kg que estaba en reposo adquiere una velocidad de 90 km/h en 12 s. Calcula el valor de dicha fuerza. *(1562,5 N)*
  
- 6.- Un cuerpo se lanza sobre un plano horizontal con una velocidad inicial de 6 m/s; sabiendo que el coeficiente de rozamiento es 0,3, calcúlese el tiempo que tarda en detenerse y el espacio recorrido. *(2,04 s ; 6,12 m)*
  
- 7.- Se desea subir un cuerpo de 20 kg por una rampa de 37° de inclinación. ¿Qué fuerza horizontal (paralela al plano) se necesita para que ascienda con velocidad constante? Despreciar el rozamiento. *(118 N)*
  
- 8.- Hallar la fuerza paralela al plano que es preciso comunicar a un cuerpo de 5 kg que se encuentra sobre un plano inclinado de 37° sobre la horizontal, sabiendo que el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 0,2, para que ascienda con una aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>. *(44,2 N)*
  
- 9.- Sobre un plano inclinado de 30° con respecto a la horizontal se coloca un cuerpo de 100 g de masa cuyo coeficiente de rozamiento con el plano es 0,4. Calcular:
  - a) La fuerza que provoca el deslizamiento. *(0,15 N)*
  - b) La aceleración de descenso del cuerpo. *(1,5 m/s<sup>2</sup>)*
  - c) La velocidad a los 5 s de iniciado el movimiento. *(7,5 m/s)*
  - d) El espacio recorrido en ese tiempo. *(18,7 m)*

10.- Un cuerpo de 10 g se deja caer (caída libre). Cuando su velocidad es de 20 m/s se le aplica una fuerza en sentido opuesto al del movimiento y tarda 4 s en detenerlo. Calcular el valor de la fuerza y el camino total recorrido por el cuerpo desde que se soltó. **(0,148 N ; 60,39 m)**

11.- Para calcular el coeficiente de rozamiento entre un cuerpo y el plano que lo soporta se deja el cuerpo en libertad sobre un plano inclinado de  $30^\circ$  con la horizontal, y a una altura de 5 m, comprobando que llega a la base del plano con una velocidad de 8 m/s. Calcular la aceleración de bajada y el valor del coeficiente dinámico de rozamiento entre el cuerpo y el plano. **(3,2 m/s<sup>2</sup> ; 0,2)**

12.- Un automóvil que se mueve por una carretera horizontal a la velocidad de 72 km/h frena en un instante determinado, bloqueando las ruedas. Si el coeficiente dinámico de rozamiento entre las ruedas y la carretera es 0,4. Determina la aceleración de frenado, el tiempo que tarda en detenerse y el espacio recorrido desde que frena hasta que se detiene. **(3,92 m/s<sup>2</sup> ; 5,1 s ; 51 m)**

13.- Desde una altura de 60 cm, en una rampa de  $30^\circ$ , se lanza un cuerpo por la rampa y hacia abajo a una velocidad de 2 m/s, y llega al suelo con velocidad de 0,5 m/s. ¿Cuánto vale la aceleración y el coeficiente de rozamiento con el plano inclinado?. **(-1,56 m/s<sup>2</sup> ; 0,39)**

14.- El sistema de la figura se mueve a velocidad constante.

a) Calcula el coeficiente de rozamiento  $\mu$  entre el bloque y el plano.

b) Se retira el sobrepeso C de 300 g del cuerpo A y se cuelga de B. ¿Con qué aceleración se mueve el sistema?

c) ¿Cuáles son las tensiones en las cuerdas en ambos casos? **(0,2 ; 1,96 m/s<sup>2</sup> ; 2,94 N y 4,70 N)**

