

La Dinámica es una parte de la Física que estudia las acciones que se ejercen sobre los cuerpos y la manera en que estas acciones influyen sobre el movimiento de los mismos.

¿Por qué un cuerpo modifica su velocidad?

Un cuerpo modifica su velocidad si sobre él se ejerce una acción externa.

Las acciones externas se representan por fuerzas.

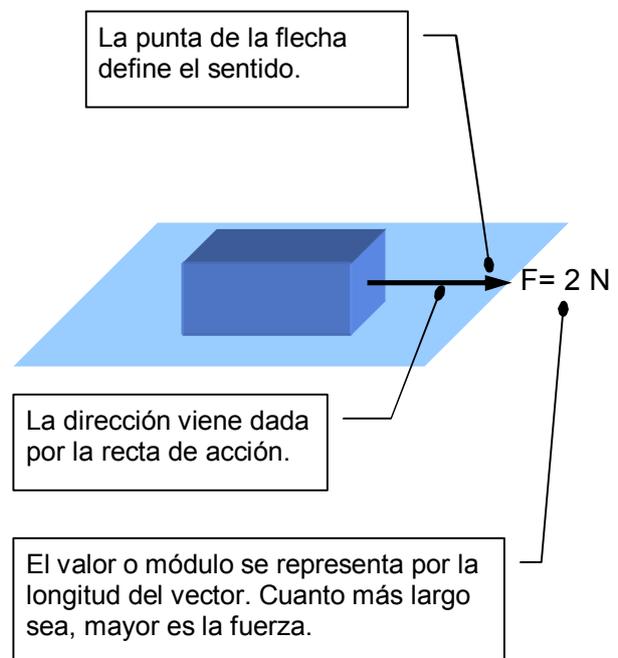
La variación de la velocidad viene medida por la aceleración.

Si sobre un cuerpo se ejerce una fuerza, este modifica su velocidad. Las fuerzas producen variaciones en la velocidad de los cuerpos. Las fuerzas son las responsables de las aceleraciones.

La unidad de fuerza usada en el S.I. es el Newton (N)

Las acciones que se ejercen sobre un cuerpo, además de ser más o menos intensas (valor o **módulo** de la fuerza) son ejercidas según una **dirección**: paralelamente al plano, perpendicularmente a éste, formando un ángulo de 30° ... y en determinado **sentido**: hacia la derecha, hacia la izquierda, hacia arriba, hacia abajo... Por estas razones **las fuerzas para estar correctamente definidas tienen que darnos información sobre su valor (módulo), dirección y sentido.**

Las fuerzas son vectores.



¿Cómo se pueden determinar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo?

La respuesta es muy sencilla:

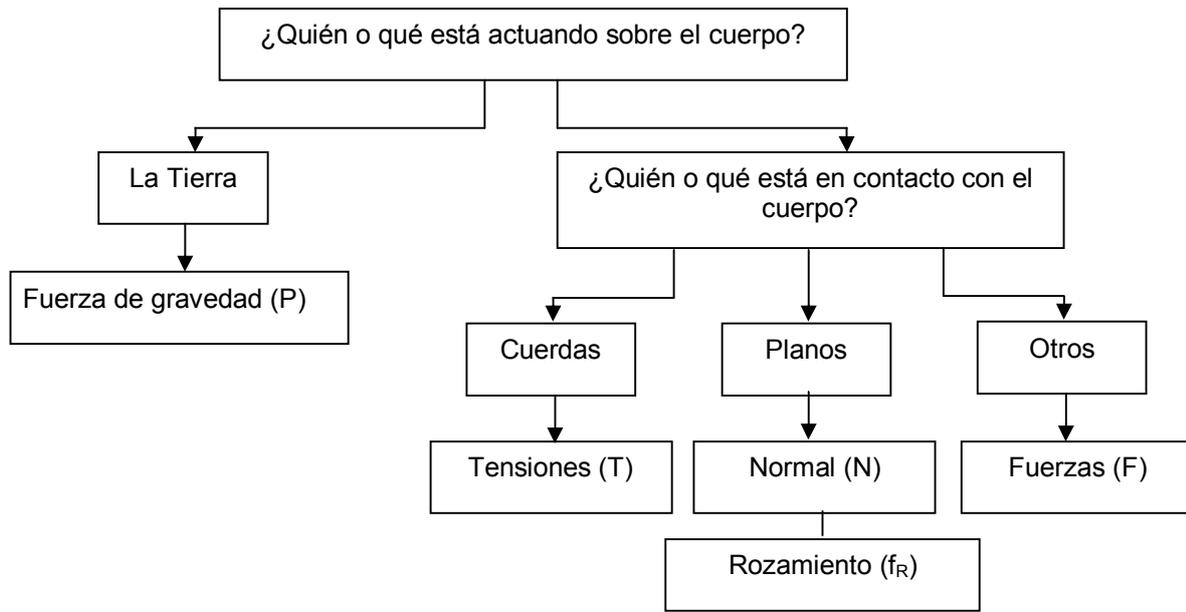
- **Se determinan las acciones externas sobre el cuerpo. Cada acción se representa por una fuerza.** Hay que tener claro que sobre un cuerpo se actúa mediante contacto físico con él (empujándolo, tirando con una cuerda...) **y una vez que deja de existir el contacto, cesa la acción y, por tanto, la fuerza deja de actuar.**
- **De esta regla tenemos que hacer (en este curso) una excepción: la gravedad.** Como consecuencia de que vivimos en el planeta Tierra, éste ejerce una atracción sobre los cuerpos (sin que exista contacto aparente). **La fuerza de gravedad actúa siempre.**

Algunas fuerzas reciben nombres especiales:

La fuerza ejercida por cuerdas: **tensión (T)**.

La fuerza ejercida por el plano en que se apoya el cuerpo: **normal (N)**. Recibe este nombre porque se ejerce siempre **perpendicularmente al plano**.

Esquema para determinar las fuerzas actuantes sobre un cuerpo



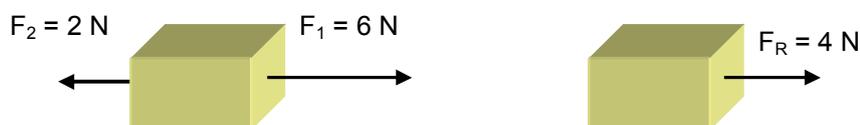
¿Qué ocurre si sobre un cuerpo actúa más de una fuerza?

Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas a la vez, podemos obtener solo una que produzca el mismo efecto que todas actuando a la vez. Esto se consigue sumando las fuerzas actuantes. ¿Cómo?

- **Fuerzas con la misma dirección y sentido:** se suman los módulos. La fuerza resultante tiene la misma dirección y sentido y su módulo es la suma de las actuantes.



- **Fuerzas de la misma dirección y sentido contrario:** se restan los módulos. La fuerza resultante tiene la misma dirección y su sentido viene dado por el signo resultante: si es positivo apunta en el sentido que se ha considerado como tal y si es negativo en sentido contrario.



LEYES DE NEWTON

Isaac Newton (1642 – 1727), publicó en 1687 en un libro fundamental titulado “**Principios matemáticos de la Filosofía Natural**” las conocidas como Leyes de la Dinámica o Leyes de Newton.



Isaac Newton (1642-1727)

Primera Ley de Newton.

Principio de Inercia

“Si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza, o las que actúan se compensan dando una resultante nula, el cuerpo no variará su velocidad. Esto es: si está en reposo, permanece en reposo; si se mueve, lo hará con movimiento rectilíneo y uniforme ($v = \text{cte.}$).”

Reposo y movimiento rectilíneo y uniforme son estados de equilibrio del cuerpo (sobre él no actúa fuerza neta alguna) y **son físicamente equivalentes**.

2ª Ley de Newton.

Principio Fundamental de la Dinámica

“Si sobre un cuerpo actúa una fuerza resultante, dicho cuerpo modificará su velocidad (tendrá aceleración). Fuerza resultante y aceleración producida son proporcionales y están relacionadas de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_{\text{RES}} = m \cdot a \quad (1)$$

La segunda ley pone de manifiesto que para variar la velocidad de un cuerpo es necesario aplicar una fuerza. **Los cuerpos, por tanto, oponen una resistencia a variar su velocidad, lo que se conoce como inercia.**

La masa puede ser considerada como una medida de la inercia de los cuerpos. Cuanto mayor sea la masa de un cuerpo, más resistencia ofrece a variar su velocidad, mayor fuerza habrá que aplicar para lograrlo.

Partiendo del principio Fundamental de la Dinámica podemos deducir la 1ª Ley.

Si la fuerza resultante que actúa es nula: $F_{\text{RES}} = 0$, sustituyendo en la ecuación tenemos:

$$0 = m \cdot a$$

Como la masa de un cuerpo material no puede ser nula, deberá cumplirse que $a = 0$, o lo que es lo mismo, el cuerpo no modificará su velocidad.

A partir de la ecuación (1) podemos definir la unidad de fuerza S.I, el newton (N), como la fuerza que hay que aplicar a un cuerpo de 1kg para que adquiera una aceleración de 1 m/s^2 .

3ª Ley de la Dinámica.

Principio de Acción – Reacción

“Si un cuerpo ejerce sobre otro una fuerza (que podemos llamar acción), el otro ejerce sobre el primero una igual y contraria (llamada reacción).”

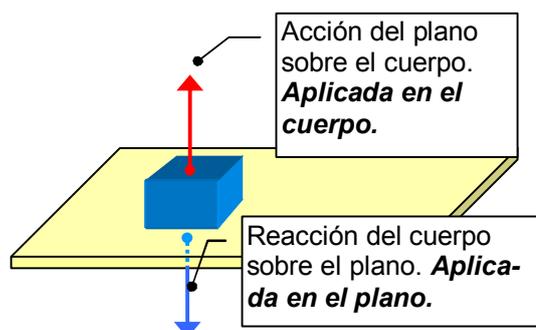
Las fuerzas de acción y reacción son iguales, con la misma dirección y sentidos contrarios, pero no se anulan nunca al estar aplicadas sobre cuerpos distintos.

De la 3ª Ley se deduce que más que de acciones (fuerzas) se debería de hablar de **interacciones o acciones mutuas** (el cuerpo A ejerce una acción sobre el B y el B ejerce otra, igual y contraria sobre el A).

Ejemplo.

Un cuerpo apoyado sobre un plano.

El plano ejerce sobre el cuerpo una fuerza (N), el cuerpo ejerce sobre el plano otra igual y contraria (no se ha dibujado la fuerza de gravedad).



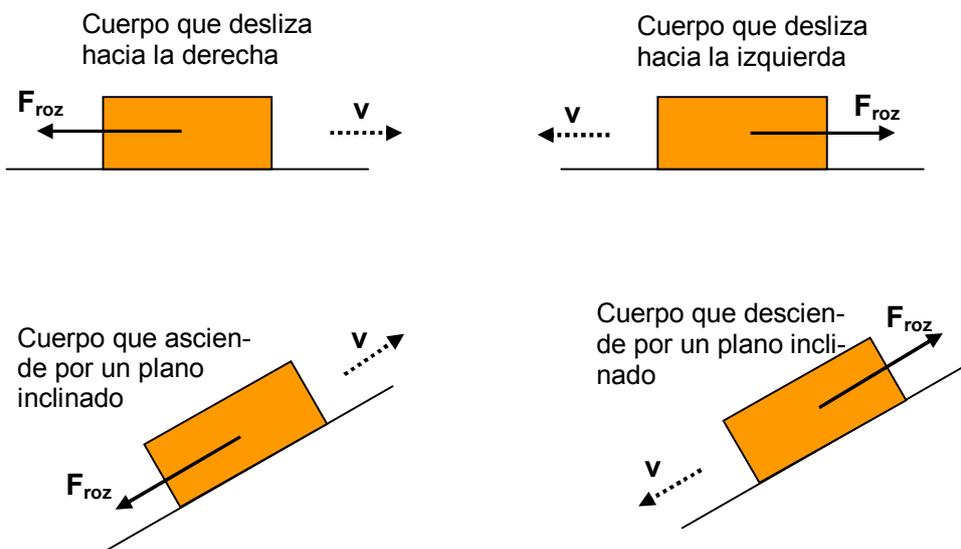
LA FUERZA DE ROZAMIENTO

Las fuerzas de rozamiento surgen cuando un cuerpo trata de deslizar sobre un plano. Parece que son debidas a interacciones entre las moléculas de ambos cuerpos en los lugares en los que las superficies están en contacto.

De mediciones experimentales se deduce que la fuerza de rozamiento:

- **Siempre se opone al deslizamiento del objeto.**
- **Es paralela al plano.**
- **Depende de la naturaleza y estado de las superficies en contacto.**
- **Es proporcional a la fuerza normal.**

La fuerza de rozamiento es paralela al plano y se opone siempre al deslizamiento:



La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza y estado de las superficies en contacto y es proporcional a la fuerza normal:

$$F_{roz} = \mu N$$

Fuerza normal o acción del plano

Coefficiente de rozamiento. Número sin unidades. Depende de la naturaleza de las superficies y de su estado.

Algunos valores del coeficiente de rozamiento:

Madera-madera: 0,25 – 0,50

Acero – acero: 0,57

Madera encerada – nieve: 0,1

La fuerza de rozamiento es ejercida por el plano sobre los cuerpos y es la responsable de que estos disminuyan su velocidad si se dejan deslizar libremente.

De aquí (primera ley de Newton) que si queremos que un cuerpo que desliza sobre un plano no disminuya su velocidad, sino que la mantenga constante, hemos de empujarlo (aplicarle una fuerza) que anule la fuerza de rozamiento.

EJERCICIOS

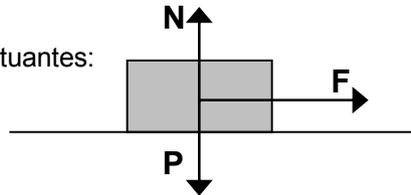
Ejemplo 1

De un cuerpo de 500 g se tira hacia la derecha, paralelamente al plano, con una fuerza de 2 N.

- Calcular la aceleración con la que se mueve.
- ¿Cuál será su velocidad al cabo de 2,3 s si parte del reposo?

Solución

- a) Diagrama de fuerzas actuantes:



$$\text{Eje Y : } N - P = 0 ; N = P = m g$$

$$\text{Eje X : } F = m a ; a = \frac{F}{m} = \frac{2 \text{ N}}{0,5 \text{ kg}} = \frac{2 \text{ kg m/s}^2}{0,5 \text{ kg}} = 4 \text{ m/s}^2$$

- b) Como resultado de la acción de la fuerza F el cuerpo se mueve con aceleración constante igual a 4 m/s^2 . Por tanto estamos ante un movimiento uniformemente acelerado de ecuaciones:

$$v = 0 + 4 t ; s = 0 + 0 + 2 t^2$$

$$v_{(t=2,3)} = 4 \cdot 2,3 = 9,2 \text{ m/s}$$

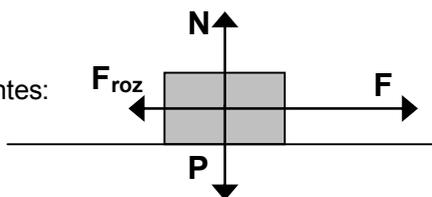
Ejemplo 2

Un cuerpo de $m = 250 \text{ g}$ es empujado hacia la derecha con una fuerza de 1,5 N. Si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es de 0,4. Calcular:

- El valor de la fuerza de rozamiento.
- La aceleración con que se mueve.
- El valor de la fuerza con que se debe empujar si se quiere que deslice con velocidad constante de 1 m/s.

Solución:

- a) Diagrama de fuerzas actuantes:



$$\text{Eje Y : } N - P = 0 ; N = P = m g$$

$$\text{Cálculo de la fuerza de rozamiento: } F_{\text{roz}} = \mu N = \mu m g = 0,4 \cdot 0,250 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$$

$$\text{Eje X : } F - F_{\text{roz}} = m a ; a = \frac{F - F_{\text{roz}}}{m} = \frac{(1,5 - 1) \text{ N}}{0,250 \text{ kg}} = 2 \text{ m/s}^2$$

- b) Según la primera ley de Newton para que un cuerpo se mueva con velocidad constante la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él debe de ser nula:

La resultante de las que actúan según el eje Y es nula ya que : $N - P = 0$

Para que sea nula la resultante de las que actúan según el eje X: $F - F_{\text{roz}} = 0$.

Por tanto: $F = F_{\text{roz}} = 1 \text{ N}$. La fuerza deberá equilibrar a la fuerza de rozamiento.

Para lograr que la velocidad se mantenga invariable en 1 m/s se comunicaría esa velocidad al cuerpo y entonces se haría $F = 1 \text{ N}$.

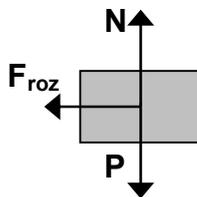
Ejemplo 3

Un bloque de madera es lanzado con una velocidad de 4 m/s por una superficie horizontal cuyo coeficiente de rozamiento vale 0,3.

- Describir el movimiento del bloque.
- Realizar aquellos cálculos que permitan conocer los datos fundamentales del movimiento.

Solución:

- Diagrama de fuerzas actuantes:



Como se observa la única fuerza que actúa según el eje X es la de rozamiento. Como lleva sentido contrario al de la velocidad va a comunicar al cuerpo una aceleración hacia la izquierda. El cuerpo irá perdiendo velocidad hasta que se pare (movimiento uniformemente decelerado)

- En este caso es cómodo tomar como sentido positivo hacia la izquierda:

$$F_{\text{roz}} = m a; \mu N = m a; \mu m g = m a; \boxed{a = \mu g}$$

Observar que la aceleración (de frenada) no depende de la masa : $a = 0,3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$

Para calcular otros datos hacemos usos de las ecuaciones de la cinemática. Como es un movimiento uniformemente acelerado (decelerado):

$$v = v_0 + a t$$

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\text{En este caso } v_0 = 4 \text{ m/s}; s_0 = 0; a = -3 \text{ m/s}^2$$



Ecuaciones del movimiento:

$$\boxed{v = 4 - 3 t; s = 4 t - 1,5 t^2}$$

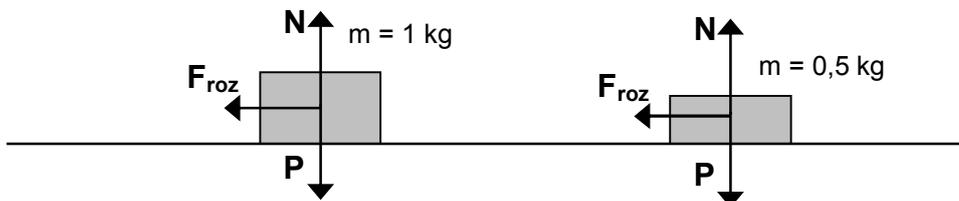
¿Cuánto tiempo tardará en pararse?: $0 = 4 - 3 t; t = 4 / 3 = 1,33 \text{ s}$

¿Qué espacio recorre hasta que se para? $s_{(t=1,33)} = 4 \cdot 1,33 - 1,5 \cdot 1,33^2 = 2,67 \text{ m}$

Ejemplo 4

El coeficiente de rozamiento es el mismo en los dos casos:

- ¿Para cuál de los cuerpos será mayor la fuerza de rozamiento?
- ¿Cuál frenará antes?



$$a) F_{\text{roz}} = \mu N = \mu m g; \boxed{F_{\text{roz}} = \mu m g}$$

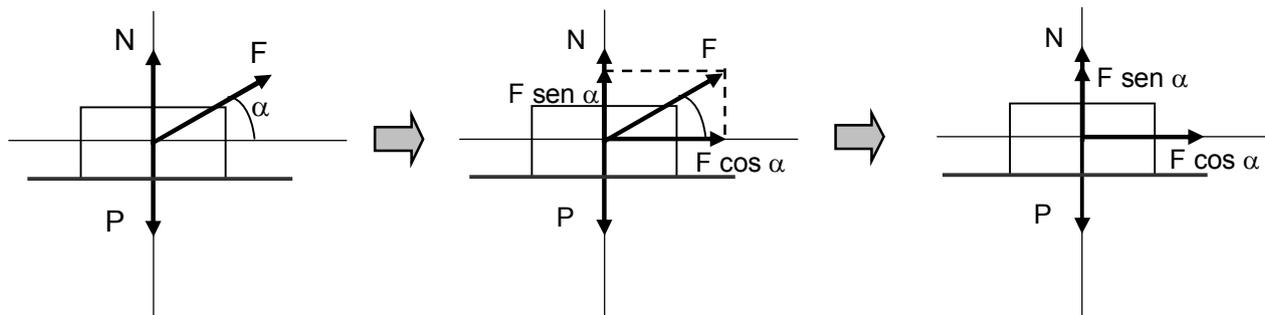
Como la fuerza de rozamiento depende del valor de la masa, será doble para el cuerpo de 1 kg.

- Calculemos la aceleración de frenada (debida a la fuerza de rozamiento)

$$F_{\text{roz}} = m a; \mu N = m a; \mu m g = m a; \boxed{a = \mu g}$$

Como se observa en la ecuación la aceleración de frenada es independiente de la masa, luego **ambos cuerpos tardarán lo mismo en frenar (y recorrerán la misma distancia).**

Si sobre el cuerpo que consideramos actúan fuerzas que forman cierto ángulo con la dirección del desplazamiento, lo mejor es recurrir a la descomposición del vector para obtener dos fuerzas perpendiculares equivalentes a la fuerza aplicada:

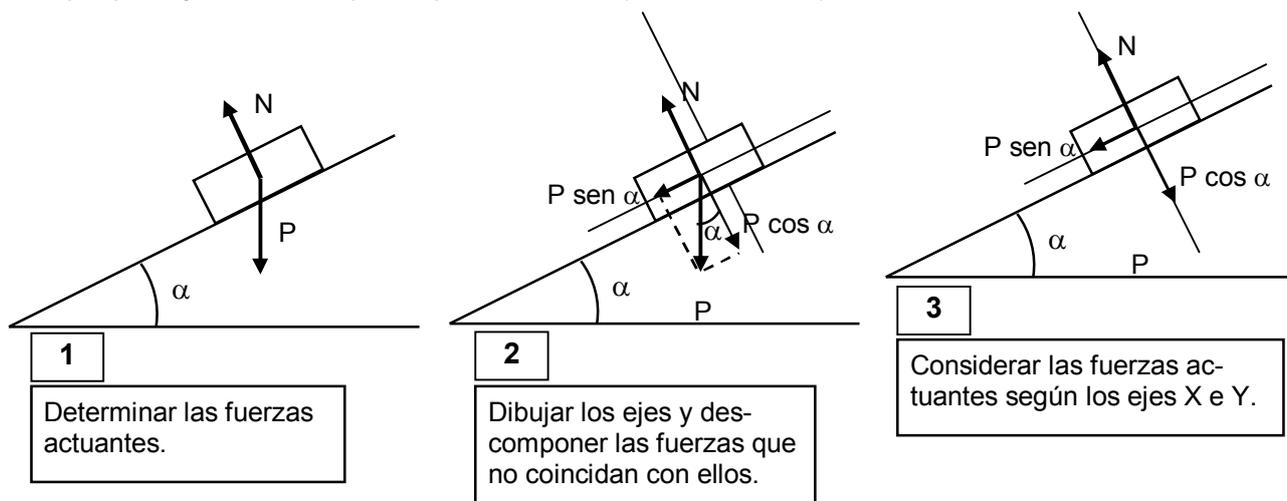


De esta manera el problema se reduce a considerar fuerzas que actúan en la misma dirección.

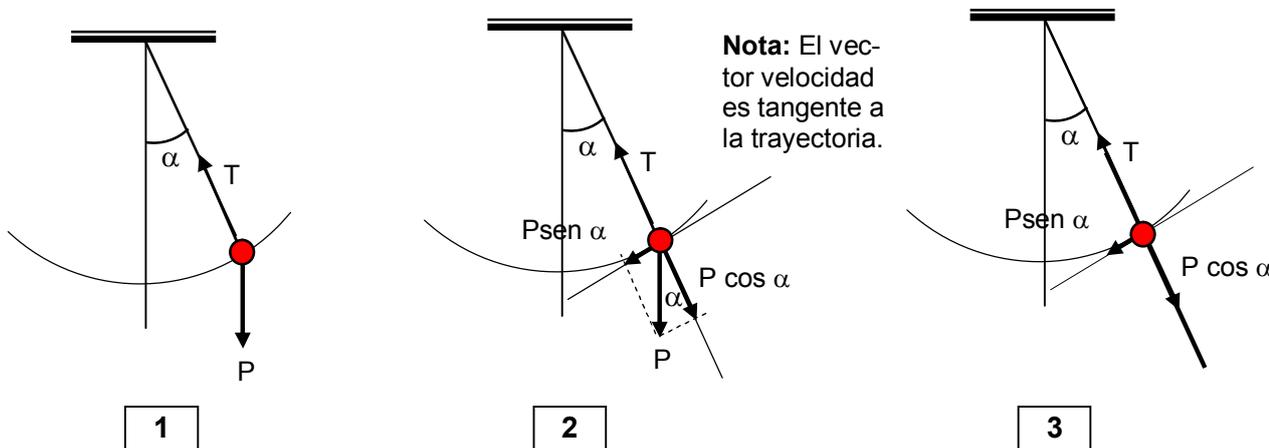
Los ejes sobre los cuales se realiza la descomposición de la fuerza deben elegirse siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Uno de los ejes (llamémosle eje "horizontal" o eje X) deberá tener la dirección de la velocidad del objeto.
- El otro eje (eje Y) debe ser perpendicular al primero.

Cuerpo que baja deslizando por un plano inclinado (rozamiento nulo):



Péndulo simple:

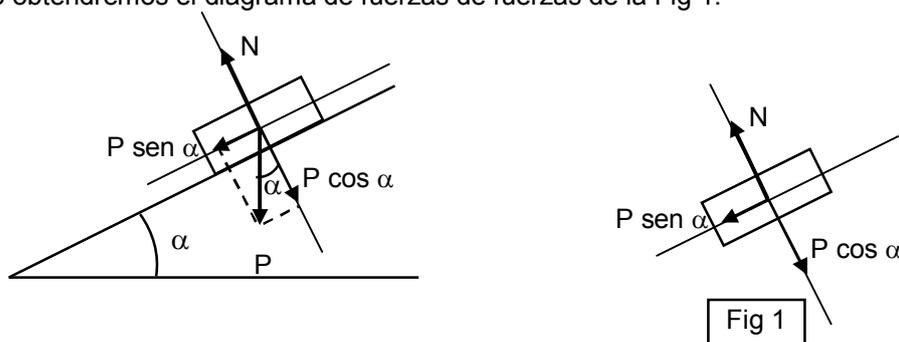


Ejemplo 5

Un cuerpo baja deslizando por un plano inclinado 30° . Describir el movimiento de descenso suponiendo rozamiento nulo.

Solución:

Determinamos las fuerzas actuantes sobre el cuerpo (peso y normal) y descomponemos el peso según los ejes X (en la dirección del movimiento, paralelo al plano) e Y (perpendicular al X). Por tanto obtendremos el diagrama de fuerzas de fuerzas de la Fig 1.



Aplicamos la 2ª Ley de Newton a cada uno de los ejes:

Eje Y : $N - P \cos \alpha = 0$ De la ecuación planteada en el eje Y se deduce que $N = m g \cos \alpha$.

Observar que la reacción del plano sobre el cuerpo **no es igual al peso**.

Eje X : $P \sin \alpha = m a$ De la ecuación planteada en el eje X se deduce que el cuerpo descenderá con una aceleración dada por:

$$a = \frac{m g \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha$$

Como se observa la aceleración es constante y sólo depende del ángulo de inclinación del plano (es independiente de la masa del cuerpo). Para el caso planteado:

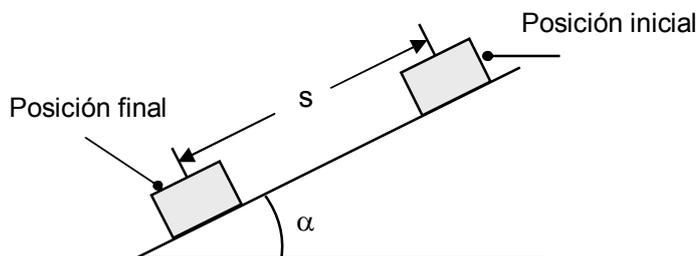
$$a = g \sin \alpha = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sin 30^\circ = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por tanto el cuerpo desciende con movimiento uniformemente acelerado ($a = 5 \text{ m/s}^2$)

Ecuaciones del movimiento:

$$v = 5 t ; s = 2,5 t^2$$

Se supone que el cuerpo parte del reposo ($v_0 = 0$) y la distancia "s" está medida sobre el plano tomando como origen el punto de partida.



Podría calcularse, por ejemplo, la velocidad que llevará cuando llegue al final del plano, suponiendo que éste tenga una longitud de 60 cm.

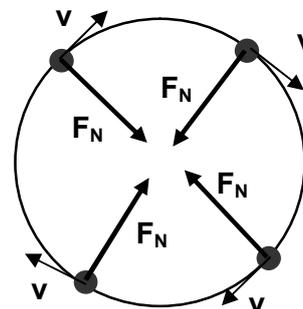
Cuando llegue al final $s = 0,60 \text{ m}$. Por tanto: $0,60 = 2,5 t^2$; $t = 0,50 \text{ s}$ (tiempo que tarda en llegar al final del plano).

La velocidad al final del plano será: $v_{(t=0,50)} = 5 \cdot 0,50 = 2,5 \text{ m/s}$

DINÁMICA DEL MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Para que un punto describa un movimiento circular uniforme se requiere que la dirección del vector velocidad varíe continuamente. Un movimiento de este tipo tiene, por tanto, aceleración normal o centrípeta.

Según la segunda ley de Newton las causas de las aceleraciones son las fuerzas. Por tanto, **para que un punto describa un movimiento circular y uniforme, debe de existir una fuerza (responsable de la aceleración centrípeta) que apunte continuamente hacia el centro, la fuerza centrípeta.**



En un movimiento circular y uniforme debe cumplirse por tanto:

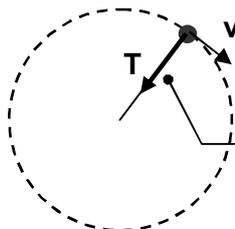
$$\left. \begin{aligned} F_N &= m a_N \\ a_N &= \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \end{aligned} \right\} F_N = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R$$

La fuerza centrípeta no es una fuerza adicional. Hace este papel alguna de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y que se pueden deducir a partir de la consideración de las acciones ejercidas.

Algunos ejemplos:

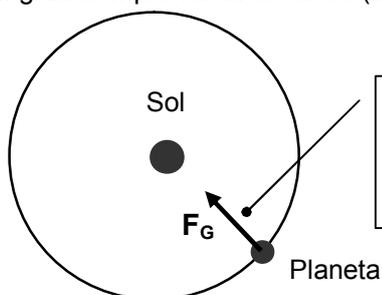
- Una bola que gira sobre una mesa atada a una cuerda, describe una circunferencia gracias a la tensión de la cuerda que apunta constantemente hacia el centro (fuerza centrípeta). Esta fuerza es la responsable del continuo cambio en la dirección del vector velocidad.

Vista cenital (tomada desde arriba) de una bola que gira sobre una mesa atada a una cuerda



La tensión de la cuerda es la fuerza centrípeta en este ejemplo.

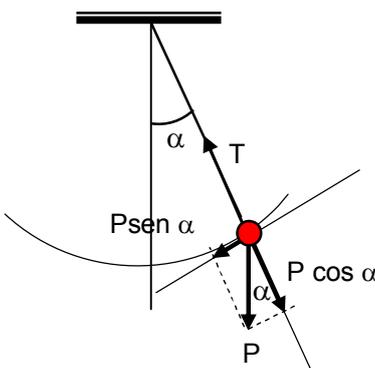
- Los planetas orbitan alrededor del Sol en órbitas aproximadamente circulares. La fuerza centrípeta responsable de esta trayectoria es la fuerza de atracción gravitatoria entre el Sol y los planetas. Esta fuerza está dirigida siempre hacia el centro (aproximado) de la órbita.



La fuerza de gravedad entre el Sol y el planeta suministra la fuerza centrípeta necesaria para curvar la trayectoria del planeta.

- Cuando un péndulo oscila describe un arco debido a la fuerza centrípeta resultante de la tensión y la componente del peso que actúa según esa dirección.

La otra componente del peso está dirigida en la dirección de la tangente y es la responsable de la aceleración tangencial (de ahí que el péndulo describa el arco con velocidad variable).



Fuerza normal o centrípeta

$$F_N = T - P \cos \alpha$$

Fuerza tangencial

$$F_t = P \sin \alpha$$