

Dinámica

3.1 Concepto de fuerza.

3.2 Impulso mecánico. Cantidad de movimiento.

3.3 Leyes de Newton.

3.4 Tipos de fuerzas.

3.5 Aplicaciones.

3.1 Concepto de fuerza

En el tema anterior se ha estudiado el movimiento pero en ningún caso se analizaron las causas que lo originan. El presente tema trata sobre las causas que provocan cambios en el movimiento de los objetos, estas son las **fuerzas**. El estudio de las fuerzas se conoce en física como **dinámica**.

Las primeras aproximaciones al estudio del movimiento parten de los griegos, quienes creían erróneamente que la tendencia de los cuerpos es a permanecer en reposo, y que aquellos cuerpos que se movían lo hacían para buscar su “lugar natural”, tierra abajo, encima el agua y encima el aire y el fuego. Estas ideas permanecieron hasta que en el siglo XVII *Galileo Galilei* formuló la primera aproximación al principio de inercia, que más adelante enunciaría *Isaac Newton*. Según Galileo un objeto lanzado sobre el suelo tarda poco en detenerse y recorre poca distancia; si el suelo está pulido el objeto llega más lejos, y si está impregnado de aceite llega más lejos aún. Idealmente, si el objeto no sufriera roce con el suelo o el aire debería moverse con velocidad constante indefinidamente. Las ideas de Galileo llevan al concepto de las fuerzas como agentes que producen variaciones en el estado de movimiento de los objetos.

Cuando un sistema físico influye o afecta a otro se dice que ejerce una **interacción**. Las interacciones pueden ser más o menos intensas, no es la misma interacción la caída de una pluma sobre una mesa que la caída de una masa de 5000kg; además, no es lo mismo empujar una tarta sobre una mesa hacia delante que hacia abajo.

Las **fuerzas** son las magnitudes físicas que representan y cuantifican las interacciones. La fuerza es una magnitud vectorial y su unidad es el Newton (N). Las fuerzas se pueden ejercer por contacto o a distancia y sus efectos sobre los sistemas físicos son producir cambios en el

estado de movimiento o deformaciones. Como magnitudes vectoriales las fuerzas están representadas por vectores; la dirección y el sentido indican hacia donde se ejerce la fuerza, el módulo indica la intensidad y el punto de aplicación indica donde se ejerce la fuerza.

3.2 Impulso mecánico. Cantidad de movimiento.

3.2.1 Impulso mecánico

El efecto de una fuerza sobre un punto material depende, entre otras cosas, de la fuerza y del tiempo que ésta está actuando. El **impulso mecánico** se define como el producto de la fuerza por el tiempo que está actuando.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Es una magnitud vectorial con la dirección y el sentido de la fuerza y cuya unidad en el sistema internacional es el N·s.

3.2.2. Cantidad de movimiento

La **cantidad de movimiento** o **momento lineal** mide la capacidad de un objeto de ejercer fuerza. Se define como el producto de la masa de un objeto por su velocidad:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Es una magnitud vectorial con la dirección y el sentido de la velocidad y cuya unidad es el Kg·m/s. Un objeto de baja masa puede tener una cantidad de movimiento muy elevada debido a tener una velocidad muy alta como por ejemplo una pelota de tenis en el saque. Por otro lado un objeto muy lento también puede tener una gran cantidad de movimiento si su masa es muy grande, por ejemplo una trasatlántico atracando en un puerto.

3.2.3 Teorema de conservación de la cantidad de movimiento

El impulso mecánico y la cantidad de movimiento tienen las mismas unidades lo que significa que deben ser magnitudes que tengan algún tipo de relación. Esta relación consiste en que el impulso mecánico ejercido sobre un cuerpo es igual a la variación de la cantidad de movimiento de dicho cuerpo.

$$\vec{I} = \Delta \vec{p}$$

La anterior relación lleva a un principio físico muy importante de validez universal; su aplicación va desde el interior de los átomos a las interacciones entre galaxias. El **teorema de conservación de la cantidad de movimiento** afirma que:

“Si sobre un sistema no actúa ninguna fuerza o la resultante de las que actúan es nula, la cantidad de movimiento del sistema permanece constante.”

$$\text{Si } \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{p} = \text{cte.}$$

3.2.4 Aplicaciones directas del teorema de conservación de la cantidad de movimiento

La conservación de la cantidad de movimiento se puede aplicar en gran cantidad de fenómenos físicos. Aquí se van a resolver los más sencillos. En todos los casos se van a considerar dos masas como un sistema de modo que las fuerzas entre sí se anulen por el principio de acción y reacción (que se va a ver a continuación) y se cumplan las condiciones del teorema de conservación de la cantidad de movimiento.

3.2.4.1 Colisiones

Una **colisión** o **choque** es una interacción entre dos o más masas que se caracteriza porque;

1. la duración es muy breve,
2. la intensidad es muy alta.

En todas las colisiones la fuerza que uno de los objetos realiza sobre otro es a su vez recibida por el principio de acción y reacción, por lo tanto la fuerza total del sistema es nula y la cantidad de movimiento se conserva.

$$\vec{p}_{\text{antes}} = \vec{p}_{\text{después}}$$

Si la energía se conserva se dice que la colisión es **elástica**, y en caso contrario se dice que es **inelástica**. En el caso que los cuerpos permanezcan unidos tras la colisión se dice que ésta es **plástica** o **perfectamente inelástica**. Teóricamente las colisiones pueden involucrar a varios cuerpos y se producen en tres dimensiones. Aquí se van a tratar las colisiones sólo entre dos masas y en una dimensión, por lo que el signo de la velocidad indica el sentido del movimiento.

Ejemplo 1 colisión elástica

Dos masas de 4kg y 10kg se mueven con velocidades respectivas de 20m/s y -15m/s colisionando de manera elástica. Calcula las velocidades tras la colisión.



En las colisiones elásticas se conserva la energía cinética.

Antes de la colisión se tienen las velocidades v_1 y v_2 cada una con su signo y después v'_1 y v'_2 .

conservación de la cantidad de movimiento $\rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

conservación de la energía cinética $\rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2$

Sustituyendo y simplificando se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$4 \cdot 20 + 10 \cdot (-15) = 4v_1' + 10v_2'$$

$$4 \cdot 400 + 10 \cdot 225 = 4v_1'^2 + 10v_2'^2$$

Resolviendo el sistema se obtiene $v_1' = -30\text{m/s}$ $v_2' = 5\text{m/s}$.

Ejemplo 2 colisión plástica

Dos masas de 3kg y 7kg viajan a velocidades respectivas de 10m/s y 5m/s.

Colisionan de manera que permanecen unidas tras el choque. Determina la velocidad del sistema.



conservación de la cantidad de movimiento $\rightarrow$

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v'$$

$$3 \cdot 10 + 7 \cdot 5 = (3 + 7) v' \rightarrow v' = 6.5\text{m/s}$$

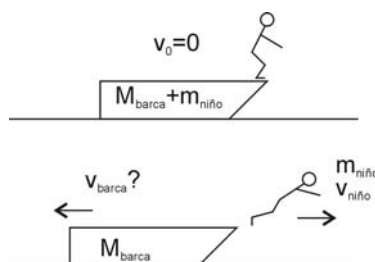
3.2.4.2 Retroceso

Otro fenómeno relacionado con la conservación de la cantidad de movimiento es el **retroceso**. Cuando una parte de un sistema es expelida con cierta velocidad en un sentido el resto del sistema experimenta un cierto impulso en sentido contrario. Ejemplos son el globo que se desinfla, los aviones a reacción, las armas de fuego...

Ejemplo retroceso

Un niño de 50kg de masa salta desde una barca con una velocidad de 2m/s.

Determina la velocidad de retroceso de la barca si su masa es de 1000kg e inicialmente el sistema barca-niño están en reposo.



conservación de la cantidad de movimiento $\rightarrow$

$$(m_1 + m_2) v_0 = m_1v_1' + m_2 v_2'$$

$$(1000 + 50) 0 = 50 \cdot 2 + 1000 v_2' \rightarrow v_2' = -0.1 \text{ m/s}$$

3.3 Leyes de Newton

Las leyes de Newton, también conocidas como **leyes de la dinámica**, son los principios básicos que se van a emplear para resolver todos los problemas de la dinámica. La primera es un resultado directo del teorema de conservación de la cantidad de movimiento. La segunda se conoce como ley fundamental de la dinámica y establece la relación entre una magnitud cinemática, la aceleración, y las fuerzas, y la tercera describe el proceso de interacción entre dos sistemas.

3.3.1 Primera ley de Newton: principio de inercia

Newton se basó en el teorema de la conservación de la cantidad de movimiento para formular la primera ley de la dinámica:

“Si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza o la resultante de todas las que actúan es nula, el cuerpo permanecerá indefinidamente en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme.”

De la primera ley se pueden extraer algunas conclusiones importantes:

1. Para un cuerpo no hay diferencia entre que no actúen fuerzas o que actúen varias y se anulen entre sí.
2. El estado de reposo o movimiento del cuerpo es indefinido mientras no exista una fuerza resultante no nula.
3. Los cuerpos se pueden mover sin necesidad que actúen fuerzas para ello.
4. Siempre hay que tener presente que la velocidad es un vector y por lo tanto se caracteriza por su módulo, dirección y sentido. Una fuerza puede provocar cambios en la dirección de la velocidad, en el sentido y en el módulo.

3.3.2 Segunda ley de Newton: ley fundamental de la dinámica

Si sobre una masa se aplica una fuerza se puede medir el cambio que experimenta su velocidad a lo largo del tiempo, es decir se puede calcular su aceleración. Si se repite el experimento aplicando el doble de fuerza se puede observar cómo la aceleración aumenta al doble, es decir, existe una relación de proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la aceleración que un cuerpo adquiere. Esa relación entre fuerza y aceleración depende del objeto en cuestión. Concretamente esa magnitud es la **masa** del objeto. La segunda ley de Newton afirma que:

“La fuerza resultante aplicada sobre un objeto es igual al producto de la masa de ese objeto por la aceleración que adquiere:

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

Conclusiones:

1. La masa de un objeto es una magnitud que representa la oposición de ese cuerpo a las

variaciones de su velocidad. Un objeto con mucha masa acelera menos que uno con menos masa ante una misma fuerza, por otro lado, se necesita también más fuerza para frenar un objeto con mucha masa que para frenar un objeto ligero.

2. La fuerza y la aceleración son vectores que siempre tienen la misma dirección y el mismo sentido, que no tienen que coincidir con la dirección y sentido del movimiento.
3. La fuerza que aparece en la expresión es la fuerza resultante de todas las que actúan.
4. El primer principio se puede deducir a partir del segundo;

$$\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{cte}$$

3.3.3 Tercera ley de Newton: principio de acción y reacción

La tercera ley de Newton relaciona la fuerza que dos cuerpos se ejercen entre sí:

“Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste ejerce a su vez instantáneamente otra fuerza sobre el primero que es igual en módulo y dirección y de sentido contrario.”

Conclusiones:

1. Las fuerzas de acción y reacción se ejercen de simultáneamente, no existe primero la acción y después la reacción.
2. La fuerza recibida por ambos objetos es la misma, pero el efecto es diferente si las masas son diferentes.
3. Este principio es válido para todas las fuerzas, tanto si se ejercen por contacto como a distancia.

3.4 Tipos de fuerzas

3.4.1 Las cuatro interacciones de la naturaleza

Todas las fuerzas de la naturaleza se pueden englobar dentro de cuatro categorías;

1. Fuerzas gravitatorias. Se ejercen entre cualquier conjunto de masas, aunque sólo son apreciables si las masas son muy grandes. Ejemplos son el peso, la atracción que ejerce el Sol sobre la Tierra o la Tierra sobre la Luna.
2. Fuerzas eléctricas. Se ejercen entre cuerpos cargados y se deben al exceso o defecto de electrones en los objetos. Ejemplos son los motores eléctricos, los imanes, las pequeñas descargas que se producen con determinada ropa, etc.
3. Fuerzas nucleares fuertes. Son las responsables de la estabilidad de los núcleos atómicos.
4. Fuerzas nucleares débiles. Se ejercen durante la emisión β , que es un tipo de descomposición nuclear.

A continuación se van a estudiar algunos tipos concretos de fuerzas todos englobados en las dos primeras categorías.

3.4.2 Fuerzas gravitatorias

Las fuerzas gravitatorias se ejercen entre las masas. Su expresión fue propuesta por Newton en la ley de gravitación universal:

“Dos masas se atraen siempre con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, que se ejerce en la dirección de la línea que une los centros de las masas”

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

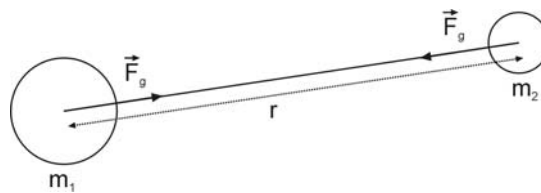


Figura 3.1. Fuerza gravitatoria

Donde $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ es un valor constante que recibe el nombre de constante de gravitación universal. El pequeño valor de G hace necesaria una gran cantidad de masa para que estas fuerzas sean apreciables, de manera que sólo es efectiva en el caso de los planetas, estrellas, etc. Por el principio de acción y reacción la fuerza gravitatoria Estas fuerzas se caracterizan porque:

- son siempre atractivas;
- aumentan proporcionalmente con el producto de las masas;
- decrecen inversamente con el cuadrado de la distancia;
- son centrales, es decir, se ejercen en la dirección de los centros de las masas;
- Su intensidad es baja, debido al pequeño valor de la constante G;
- su alcance es ilimitado.

3.4.3. Fuerzas electrostáticas

Basándose en la ley de gravitación universal, Coulomb enunció una ley similar para calcular la fuerza que se ejercen entre sí las cargas:

“Dos cargas experimentan siempre una fuerza atractiva o repulsiva proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

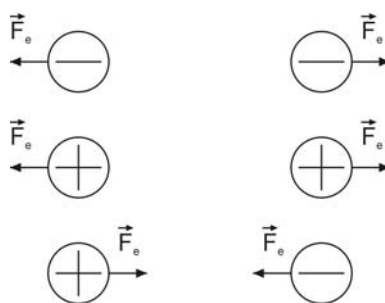


Figura 3.2. Fuerzas eléctricas

q_1 y q_2 son las cargas, cuyo valor se mide en coulombios (C) y la constante eléctrica K vale $9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ en el vacío. Al igual que las gravitatorias, las fuerzas eléctricas son directamente proporcionales al producto de las cargas, inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia y su alcance es ilimitado. A pesar de estas similitudes, las fuerzas eléctricas presentan importantes diferencias respecto de las gravitatorias:

1. pueden ser repulsivas o atractivas dependiendo de si las cargas son iguales o diferentes respectivamente;
2. solamente aparecen si los cuerpos están cargados;
3. su intensidad es muy alta;
4. dependen del medio a través del valor de K .

3.4.4 Fuerza peso

El peso es una fuerza de tipo gravitatorio que se aplica en el caso de los objetos generalmente en la superficie de los planetas, donde la masa del planeta y la distancia entre los cuerpos son constantes:

$$P = G \frac{M_P m}{R_P^2} = m \frac{GM_P}{R_P^2} = mg$$

$$g = \frac{GM_P}{R_P^2}$$

El término 'g' recibe el nombre de **intensidad de campo gravitatorio** o simplemente **gravedad** y en el caso de la Tierra tiene un valor de 9.8 m/s^2 . Como la fuerza gravitatoria es atractiva la fuerza peso sobre un objeto siempre va dirigida hacia el centro del planeta.

3.4.5 Fuerza normal

Cuando un objeto está sobre una superficie recibe una fuerza de la misma que se llama **fuerza normal** (N), y representa la fuerza con que la superficie sostiene al objeto. Esta fuerza siempre es perpendicular a las superficies y su valor depende del peso del objeto apoyado. En los planos horizontales la fuerza normal es igual al peso. Si se apoya una masa pequeña sobre una mesa, la normal y el peso se anulan entre si y la masa permanece en reposo. Si sobre la mesa se apoya una masa mayor, la normal no puede igualar al peso y la mesa se hunde.

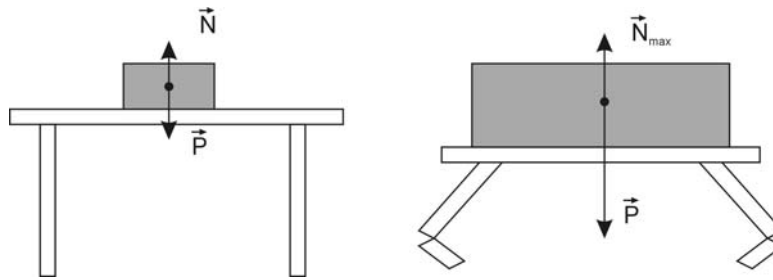


Figura 3.3. Fuerza normal

3.4.6 Fuerzas de rozamiento

Las fuerzas de rozamiento aparecen cuando un objeto se mueve a través de un medio que no sea el vacío o cuando dos superficies se deslizan una sobre la otra. Se deben a las fuerzas de cohesión entre las partículas de ambas superficies o a las imperfecciones o rugosidades de las mismas. Solamente se van a tratar aquí las fuerzas de rozamiento por deslizamiento. Las características de la misma son:

1. Dependen de la naturaleza del estado de las superficies, pero no de su tamaño.
2. Dependen también de la fuerza que une ambas superficies.
3. Son paralelas al plano de movimiento y siempre tienen sentido opuesto al movimiento.

La expresión de la fuerza de rozamiento es:

$$F_R = \mu N$$

donde μ recibe el nombre de **coeficiente de rozamiento** y es un valor que depende de las superficies. Existen dos coeficientes de rozamiento, el estático y el dinámico. Mientras que un cuerpo está en reposo actúa el coeficiente de rozamiento estático pero si se mueve el coeficiente será el dinámico, que es menor. Esto significa que la fuerza de rozamiento de un cuerpo es mayor cuando está en reposo que cuando se mueve.

3.4.7. Fuerzas elásticas

Uno de los efectos de las fuerzas sobre la materia es producir deformaciones. Prácticamente todos los cuerpos rígidos tienden a recuperar su forma cuando la fuerza deja de actuar. Esto se debe a que las moléculas que forman el material tienden a volver a su posición original, luego el origen de estas fuerzas son las fuerzas eléctricas de las partículas que componen la materia. Un muelle o resorte es el ejemplo más claro de esto. Cuando sobre un muelle no se ejerce

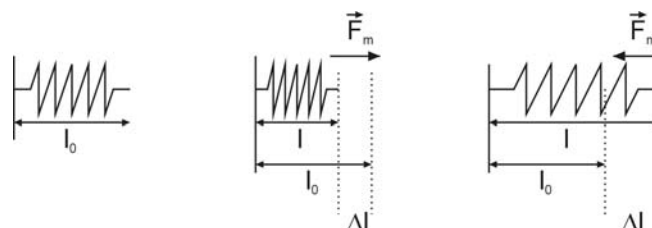


Figura 3.4. Fuerzas elásticas.

ninguna fuerza se dice que está en la posición de equilibrio y tiene la longitud natural ' l_0 '. Cuando un muelle se encuentra comprimido o alargado su nueva longitud es ' l ' y ejerce una fuerza que es proporcional al incremento o disminución de longitud.

El valor de la fuerza es:

$$F = k \Delta l = k (l - l_0)$$

La fuerza siempre lleva la dirección del eje del muelle y el sentido es siempre hacia la posición de equilibrio. Es frecuente expresar la posición del extremo de muelle como una coordenada ' x ', siendo $x=0$ m la posición de equilibrio. En este caso la fuerza se suele expresar como:

$$F = -k x$$

donde el signo negativo indica el sentido de la fuerza según el criterio de signos común.

3.4.8. Tensión

Las fuerzas de tensión (T) aparecen cuando la fuerza se ejerce mediante una cuerda. Ejemplos son los objetos suspendidos o los objetos movidos al tirar de una cuerda. En última instancia la fuerza se transmite a lo largo de la cuerda debido a los enlaces de las moléculas que la constituyen por lo que su origen es eléctrico.

3.4.9 Fuerza centrípeta

La fuerza centrípeta es un caso especial de fuerza que es la causante de que los cuerpos sigan trayectorias circulares. La fuerza centrípeta es gravitatoria en el caso de la Luna en órbita alrededor de la Tierra, de tensión en el caso de una onda, o una fuerza normal en el caso del cubo girando sin que caiga el agua. Se calcula como el producto de la masa por la aceleración centrípeta, siendo su dirección y sentido siempre hacia el centro de la trayectoria.

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

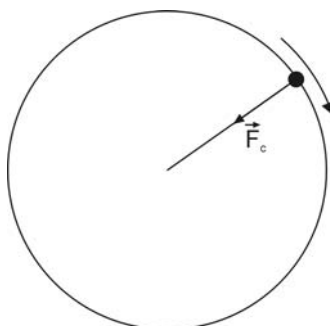


Figura 3.5. Fuerza centrípeta

3.5 Aplicaciones

A continuación se van a resolver de manera general diversas situaciones en la que se van a aplicar las leyes de Newton y las fuerzas estudiadas. Se van a estudiar los casos más generales posibles de modo que las variaciones sobre los mismos sean fáciles de aplicar. En general, el procedimiento de resolución de los ejercicios es el siguiente:

1. Dibujar todas las fuerzas que actúan sobre el sistema y descomponer las fuerzas que no se encuentren sobre los ejes.
2. Escribir la ecuación general de la dinámica, la suma de todas las fuerzas es igual al producto de la masa por la aceleración. Como regla general se va a considerar el sentido de movimiento como el positivo, por lo que a veces será necesario hacer un estudio preliminar para determinar hacia donde tiende a moverse el sistema.
3. Despejar la aceleración y aplicar las ecuaciones cinemáticas correspondientes a cada caso.

3.5.1 Plano horizontal

En el plano horizontal con rozamiento las fuerzas que actúan son como indica la figura 3.6.

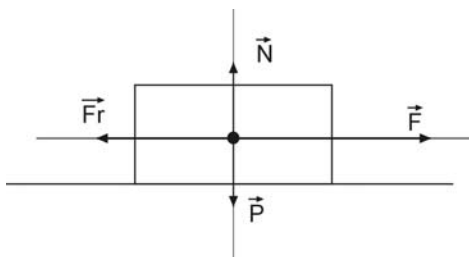


Figura 3.6. Cuerpo sobre plano horizontal

En el eje y no hay movimiento, por lo que la resultante de fuerzas debe ser nula, es decir:

$$N = P = mg$$

La fuerza de rozamiento vale:

$$F_R = \mu N = \mu \cdot mg$$

La segunda ley de Newton se escribe:

$$F_{\text{total}} = ma$$

$$F - F_R = m \cdot a$$

y la aceleración vale:

$$a = \frac{F - \mu mg}{m}$$

Casos posibles:

Si $F > F_R$ el objeto tiene aceleración positiva, y su velocidad aumenta

Si $F < F_R$ la aceleración es negativa y pueden ocurrir dos situaciones:

1. si el objeto tiene velocidad inicial está siendo frenado por el rozamiento;
2. si el objeto está inicialmente en reposo permanece en reposo ya que la fuerza no es capaz de vencer el rozamiento.

Si $F = F_R$ el objeto no tiene aceleración y permanece en reposo o con velocidad constante.

Si $F_R = 0$ el cuerpo adquiere una aceleración positiva.

Si $F = 0$ sólo existe rozamiento y el cuerpo está frenando hasta detenerse.

Si la fuerza actúa oblicuamente es necesario descomponerla y el análisis en ese caso sería:

$$F_x = F \cos \alpha$$

$$F_y = F \sin \alpha$$

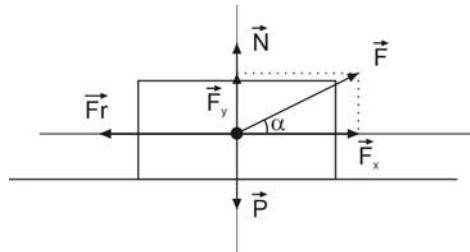


Figura 3.7. Cuerpo sobre plano horizontal con fuerza oblicua

En el eje y no hay movimiento por lo que se deben anular las fuerzas:

$$P = N + F_y$$

$$N = P - F_y = mg - F \sin \alpha$$

En el eje x se aplica la segunda ley de Newton

$$F_x - F_R = m \cdot a$$

$$F \cos \alpha - \mu \cdot N = m \cdot a$$

$$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = m \cdot a$$

$$a = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}$$

3.5.2 Plano inclinado

El plano inclinado es un caso muy frecuente de aplicación de la segunda ley de Newton. Los planos se caracterizan por el ángulo de inclinación. Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo apoyado en un plano inclinado sin rozamiento son dos: peso y normal. El sistema de referencia se sitúa de modo que el eje x cae en el sentido del movimiento.

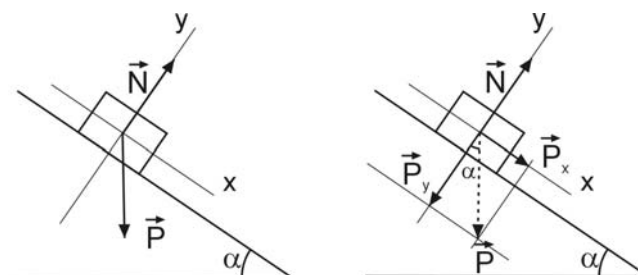


Figura 3.8. Descomposición de la fuerza peso en el plano inclinado

En la figura 3.8 se supone que el objeto se ha dejado sobre el plano sin velocidad inicial. La fuerza peso cae fuera de los ejes por lo que hay que descomponerla en una componente sobre el eje x (P_x) y otra sobre el eje y (P_y). Los valores de estas componentes son:

$$P_x = P \cdot \sin \alpha = mg \cdot \sin \alpha$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha = mg \cdot \cos \alpha$$

Como en el eje y no hay movimiento se debe cumplir que:

$$N = P_y$$

$$N = mg \cos \alpha$$

En el eje x sólo queda una fuerza, la P_x . Aplicando la segunda ley de Newton:

$$F_{\text{total}} = ma$$

$$P_x = ma$$

$$mg \sin \alpha = ma$$

$$a = g \sin \alpha$$

Si existiera rozamiento en el plano inclinado la fuerza de rozamiento se debe aplicar paralela a la superficie y en sentido contrario al del movimiento, que en este caso es hacia abajo.

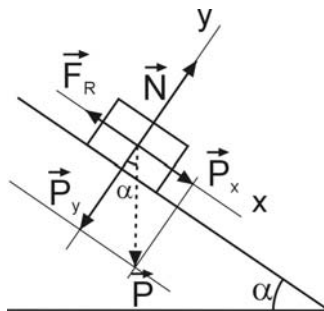


Figura 3.9. Cuerpo sobre plano inclinado con rozamiento

La descomposición del peso se hace igual y la ecuación fundamental de la dinámica queda:

$$F_{\text{total}} = ma$$

$$P_x - F_R = ma$$

$$mg \sin \alpha - \mu N = ma$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Si al realizar los cálculos la aceleración resulta ser negativa, esto implicaría que la fuerza de rozamiento es mayor que la P_x , y por lo tanto el objeto no se movería.

3.5.3 Cuerpos suspendidos

Los cuerpos conectados mediante cables experimentan entre sí fuerzas transmitidas a través de los mismos, es decir fuerzas de tensión. Si se supone que la cuerda no tiene masa, que es inextensible (no es elástica) y las poleas no tienen masa, la fuerza de tensión es la misma a lo largo de todo el cable. Como primer ejemplo se va a resolver el problema de la figura. El primer paso es representar las tensiones, después se escribe la ecuación fundamental de la dinámica y por último se calcula la aceleración.

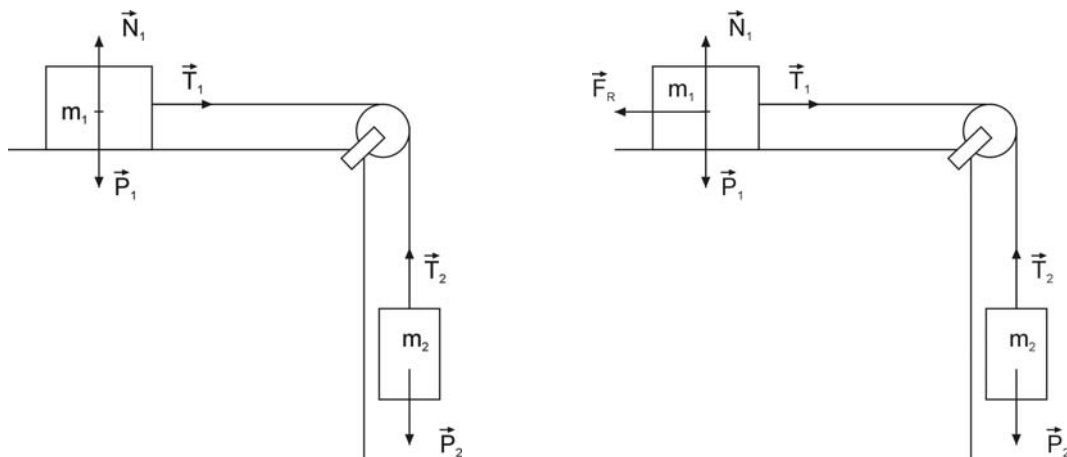


Figura 3.10. Cuerpos suspendidos sin y con rozamiento

El cable define la dirección del movimiento. Este sistema se va a desplazar hacia la derecha ya que no hay ninguna fuerza que lo impida.

Para el cuerpo 1 se tiene:

$$T_1 = m_1 a$$

y para el cuerpo 2:

$$P_2 - T_2 = m_2 a$$

La aceleración es la misma para ambos bloques al estar conectados por la cuerda y las tensiones también son iguales tal como se ha explicado antes. Haciendo un sistema de ecuaciones se obtiene:

$$T = m_1 a$$

$$P_2 - T = m_2 a$$

Sumando ambas expresiones se obtiene:

$$P_2 = (m_1 + m_2) a$$

$$m_2 g = (m_1 + m_2) a$$

con lo que:

$$a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g$$

El valor de la tensión se calcularía sustituyendo el valor de 'a' en cualquiera de las ecuaciones anteriores:

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

Si en el sistema hubiera rozamiento, éste sólo afectaría a la masa 1 que es la que está apoyada. El sistema de ecuaciones quedaría:

$$T - F_R = m_1 a$$

$$P_2 - T = m_2 a$$

y operando como antes y teniendo en cuenta que para la masa 1 se cumple que $N = P_1 = m_1 g$

$$P_2 - F_R = (m_1 + m_2) a$$

$$m_2 g - \mu m_1 g = (m_1 + m_2) a$$

$$a = \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2} g$$

En este caso hay que comprobar que $P_2 > F_R$ ya que en caso contrario el rozamiento impediría el movimiento.