

## SESIÓN 10

### LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON – I

Al finalizar esta sesión serás capaz de:

- Comprender el concepto de Fuerza, y su caracter vectorial.
- Explicar las Leyes de Newton.

Hasta el momento hemos descrito el movimiento de un objeto que mantiene ya sea M.R.U o M.R.U.A, sin importarnos realmente por la CAUSA del movimiento. Las *Leyes de Newton* permiten determinar las características del movimiento de un objeto si se conocen los agentes que actúan sobre él y alteran su estado de movimiento. Estos agentes los llamamos FUERZAS.

### 10.1 Fuerzas e Interacciones

En Física, se conocen como *Fuerzas Fundamentales* a 4 tipos de interacciones que pueden surgir entre las partículas, según la naturaleza de las mismas.

- **Fuerza Gravitacional:** esta fuerza hace que cualquier cuerpo con masa, interaccione con otros cuerpos con masa. Es la responsable de la sensación del *peso* de las cosas y de la tendencia a caer de los cuerpos, ya que causa la aceleración que experimenta un cuerpo físico en las cercanías de un objeto astronómico. En el caso del planeta Tierra, la fuerza gravitacional es la que produce que todos los objetos en su superficie experimenten una aceleración de  $9.8 \text{ m/s}^2$  hacia el centro de ella.
- **Fuerza Electromagnética:** el *Electromagnetismo* es la interacción que actúa entre partículas con carga eléctrica. La fuerza electromagnética está relacionada con muchos de los fenómenos de la experiencia cotidiana: la visión,

el tacto, la fricción, la electricidad, la transmisión de información por ondas de radio, etc.

- **Fuerza Nuclear Débil:** esta interacción es la responsable de las desintegraciones y decaimientos de los elementos inestables (radioactivos).
- **Fuerza Nuclear Fuerte:** es la interacción que mantiene unidos a los quarks, las partículas que conforman internamente a los protones y neutrones.

## 10.2 Leyes del Movimiento de Newton

Planteadas por Isaac Newton en 1687 en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*<sup>1</sup>, las *Leyes de Newton* son 3 principios que permiten explicar la mayoría de problemas relacionados con el movimiento de cuerpos masivos.

### Primera Ley de Newton – Ley de la Inercia

*“Un cuerpo sobre el que no actúa fuerza neta mantendrá su estado de movimiento constante.”*

Cuando se hace referencia a *movimiento constante* se incluye tanto el estado de reposo (equilibrio) o con rapidez constante.

Un objeto sobre el cual no se ejerza fuerza neta (y por lo tanto no experimenta aceleración) define un MARCO DE REFERENCIA INERCIAL.

### Segunda Ley de Newton – La fuerza y la masa

Ya que en ausencia de fuerzas, el movimiento de un cuerpo es uniforme y rectilíneo; la acción de una fuerza debe ser la de producir aceleraciones, modificando las trayectorias o velocidades que este tendría si estuviese libre. La Segunda Ley de Newton establece la relación que existe entre las fuerzas que actúan sobre un objeto y la aceleración que este experimenta:

*“La aceleración que experimenta un objeto al someterse a una fuerza neta es proporcional a dicha fuerza.”*

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}, \quad (10.2.1)$$

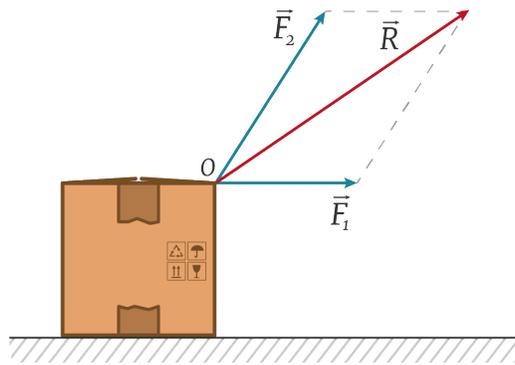
---

<sup>1</sup>“*Principios matemáticos de la filosofía natural*”, también conocido simplemente como Principia.

donde  $\vec{a}$  es la aceleración que experimenta un objeto de masa  $m$  cuando está sujeto a una fuerza neta  $\sum \vec{F}$ .

En esta expresión, fuerza neta se define como el resultado (suma vectorial) de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_N. \quad (10.2.2)$$



Dos fuerzas  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  que actúan sobre un cuerpo en el punto  $O$  tienen el mismo efecto que una sola fuerza  $\vec{R}$  igual a la suma vectorial

Figura 10.1: La *fuerza neta* es la **suma vectorial** de las fuerzas que actúan sobre un objeto/sistema.

En el S.I, las fuerzas se miden en newtons (N):

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}.$$

Cabe recalcar que la ecuación (10.2.1) es una ecuación vectorial, de manera puede analizarse por componentes:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= ma_x, \\ \sum F_y &= ma_y, \\ \sum F_z &= ma_z; \end{aligned}$$

donde  $\sum F_i$  y  $a_i$  representan la fuerza neta y la aceleración en la dirección  $i$ , respectivamente. Por ejemplo, en la Figura 10.2 se muestra que el efecto de una fuerza sobre un objeto puede analizarse considerando las componentes de dicha fuerza a lo largo de las distintas direcciones.

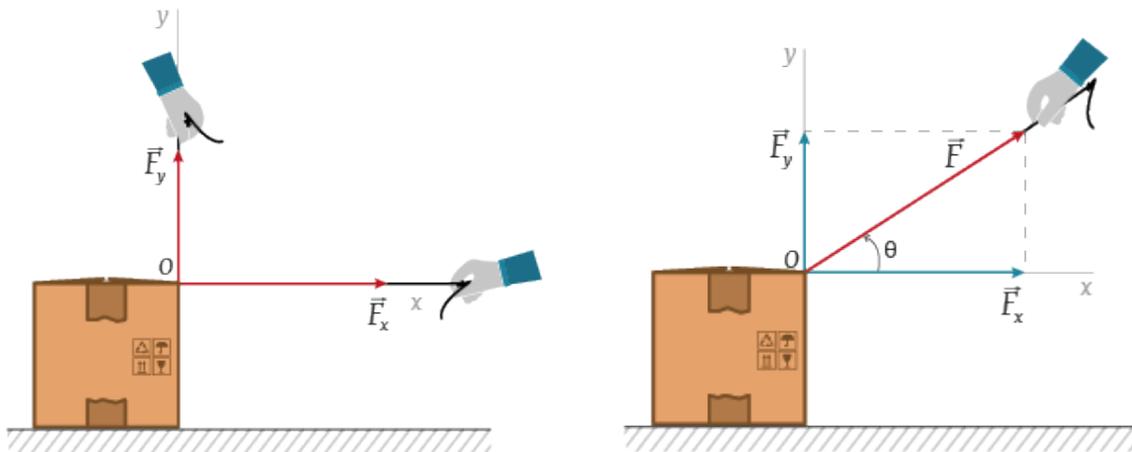


Figura 10.2: El efecto de una fuerza puede analizarse “por componentes”.

Para movimientos a lo largo de una línea recta, suele considerarse “ $x$ ” como la dirección a lo largo del movimiento y “ $y$ ” la dirección perpendicular a este.

### Tercer Ley de Newton – Ley de acción-reacción

*“A toda (fuerza de) acción corresponde un (fuerza de) reacción, de igual magnitud pero de sentido opuesto.”*

## SESIÓN 11

### LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON – II

Al finalizar esta sesión serás capaz de:

- Calcular la fuerza neta que experimenta un sistema mecánico.
- Representar gráficamente las fuerzas que actúan sobre un sistema mecánico.

### 11.1 Masa y peso

**El Peso:** es la fuerza que ejerce la gravedad (fuerza gravitacional) sobre cualquier objeto con masa

$$\vec{P} = m\vec{g}, \quad (11.1.1)$$

donde  $m$  es la masa del objeto y  $g$  la aceleración de la gravedad. El peso siempre actúa “hacia abajo”.

La fuerza gravitacional es la responsable de que los objetos caigan, valga la redundancia, siempre hacia abajo. De forma análoga, es la razón por la cual un objeto que es lanzado hacia arriba, alcanza una altura máxima y luego cae<sup>1</sup>. En el espacio exterior, debido a la lejanía con objetos masivos, se experimenta el fenómeno de *in-gravidez*, es decir, la ausencia de gravedad.

**La Normal:** es la fuerza de reacción que se genera cuando un objeto se encuentra apoyado sobre una superficie. Esta fuerza siempre es perpendicular a la superficie

<sup>1</sup>Existe una velocidad mínima necesaria para lanzar un objeto y que este escape de la atracción gravitacional de la Tierra, llamada *velocidad de escape*.

(ver Figura 11.1).

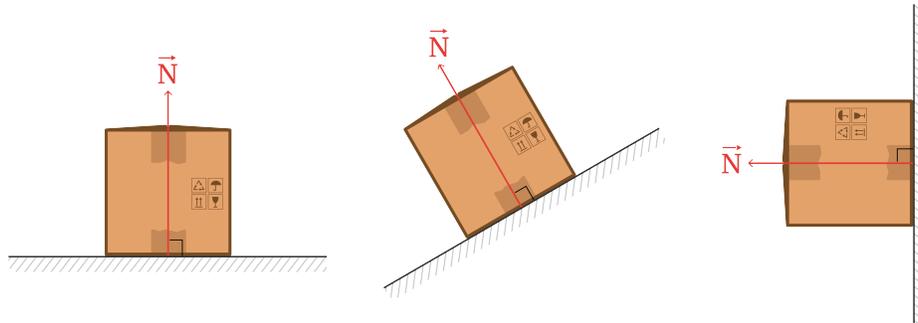


Figura 11.1: Fuerza normal en distintas situaciones, esta fuerza siempre es perpendicular a la superficie de contacto. (sólo se muestra la fuerza normal)

Manteniendo la convención de tomar la dirección  $y$  como la dirección perpendicular al movimiento, la normal siempre se determina a partir de

$$\sum F_y = 0.$$

## 11.2 Fuerzas de fricción o de rozamiento

**La Fricción:** es la fuerza que se opone el movimiento (o deslizamiento) entre dos superficies; también conocida como *fuerza de rozamiento*. Hay dos tipos de fricción:

- **Fricción estática:** es la que se opone al inicio del deslizamiento entre dos superficies:

$$f_s \leq \mu_s N, \quad (11.2.1)$$

donde  $\mu_s$  se llama *coeficiente de fricción estática* y es un parámetro característico de la fricción estática entre cada par de superficies y  $N$  es la fuerza normal que una superficie experimenta debido a la otra.

- **Fricción dinámica (o cinética):** es la resistencia que existe cuando una superficie se desliza sobre otra:

$$f_k = \mu_k N, \quad (11.2.2)$$

donde  $\mu_k$  se llama *coeficiente de fricción dinámica* y es un parámetro característico de la fricción dinámica entre cada par de superficies y  $N$  es la fuerza normal que una superficie experimenta debido a la otra.

### 11.3 Fuerzas de tensión

La fuerza de tensión, es literalmente, la fuerza que mantiene una cuerda tensa. Para cuerdas ideales se cumple que esta siempre está dirigida a lo largo de la cuerda y es uniforme a lo largo de esta.

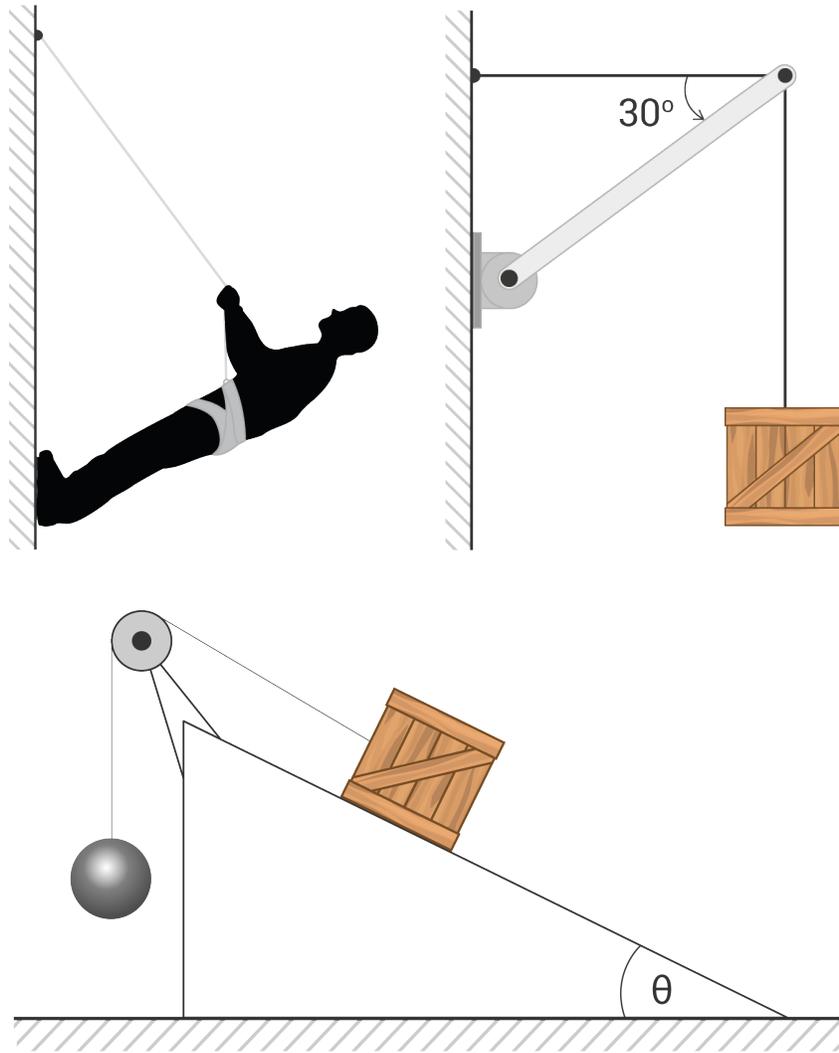


Figura 11.2: Ejemplos donde intervienen cuerda tensas.

## SESIÓN 12

# APLICACIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON

Al finalizar esta sesión serás capaz de:

- Aplicar las Leyes de Newton para analizar la estática y la dinámica de una partícula.

### 12.1 Diagramas de cuerpo libre

Al analizar un objeto sobre el que actúa un conjunto de fuerzas, resulta conveniente considerar que todas estas fuerzas se aplican sobre el mismo punto. Un diagrama donde todas las fuerzas que actúan sobre un objeto se dibujan sobre el origen de un sistema de referencia (inercial), se conoce como *Diagrama de Cuerpo Libre (D.C.L)*.

En la Figura 12.1 se dan dos situaciones y se muestra el D.C.L correspondiente.

Para aplicar las Leyes de Newton, debemos

- definir un marco de referencia inercial respecto al cual describir el movimiento del sistema,
- identificar todas las fuerzas que actúan sobre el sistema,
- ubicar dichas fuerzas sobre un sistema de referencia, como si todas actuaran sobre el mismo punto<sup>1</sup>,
- encontrar la fuerza neta que actúa sobre el sistema,

---

<sup>1</sup>Un diagrama de este tipo se conoce como *Diagrama de Cuerpo Libre (D.C.L)*.

– resolver la ecuación

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}.$$

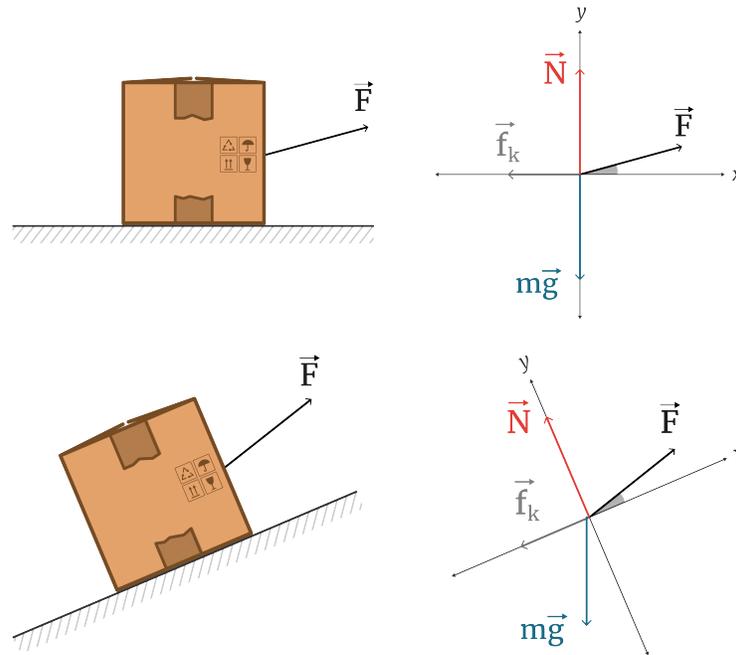


Figura 12.1: Diagramas de cuerpo libre para dos situaciones.

## 12.2 Dinámica del movimiento circular

**Fuerza centrípeta:** en un *Movimiento Circular Uniforme*<sup>2</sup> el objeto experimenta una fuerza neta dirigida hacia el centro de la trayectoria circular (ver Figura 12.2), dada por

$$\sum F_r = F_c = ma_c = m\frac{v^2}{R}, \quad (12.2.1)$$

donde  $v$  es la rapidez del movimiento y  $R$  el radio de la trayectoria. El término  $a_c = v^2/R$  se denomina *aceleración centrípeta*. Es importante recalcar que

<sup>2</sup>movimiento a lo largo de una trayectoria circular con rapidez constante

*La fuerza centrípeta ES el resultado del movimiento circular; NO una fuerza que causa el movimiento.*

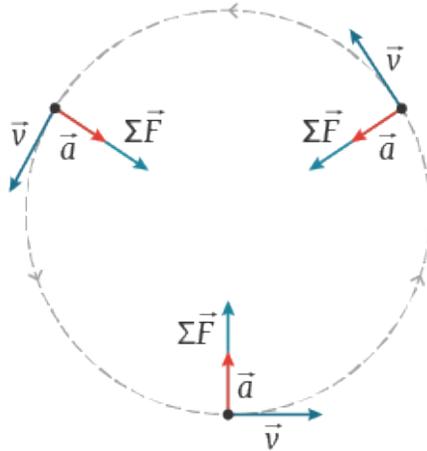


Figura 12.2: Dinámica del Movimiento Circular Uniforme

Una aplicación de la dinámica circular es el diseño de curvas con peralte. Esto consiste en una diferencia en la elevación de la parte exterior y la interior de una curva, en una carretera o vía. El objetivo del peralte es compensar con una componente de su propio peso, la inercia del vehículo.

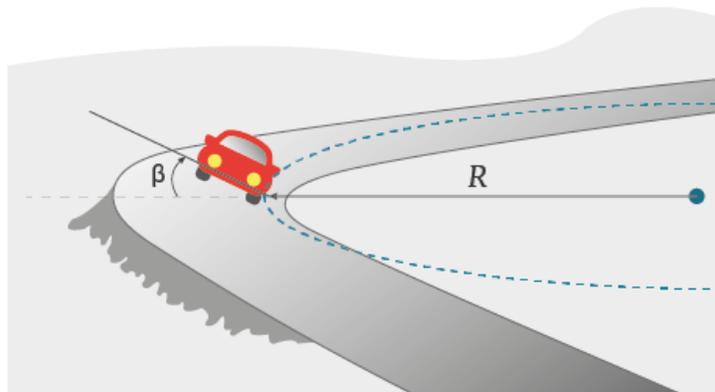


Figura 12.3: Curva con peralte

## Créditos

Vicerrectoría de Docencia  
CEDA-TEC Digital

Proyecto de Virtualización 2017  
Física General I

Gerardo Lacy Mora (Profesor)  
Ing. Andrea Calvo Elizondo (Coordinadora de Diseño)