# Interacciones:

## ¿Cómo? ¿Cuándo?
## ¿Por Qué?...

Marisa Santo Graciela Lecumberry
Silvia Orlando Laura Dalerba

Universidad Nacional de Río Cuarto

# Interacciones:
# ¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Porqué?...

*Marisa Santo*
*Graciela Lecumberry*
*Silvia Orlando*
*Laura Dalerba*

*Félix Ortiz*
*Comentarista*

**Universidad Nacional de Río Cuarto**
Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales
*Departamento de Física*

Río Cuarto - Argentina

Santo, Marisa
Interacciones: ¿cómo? ¿cuándo? ¿porqué? / Marisa Santo ; Graciela Lecumberry ;
Silvia Orlando ; Laura Dalerba- 1a ed. - Río Cuarto : Universidad Nacional de Río Cuarto, 2005.
52 p. ; 30x21 cm.

ISBN 950-665-343-7

1. Ensayo Argentino. I. Lecumberry, Graciela II. Orlando, Silvia III. Dalerba, Laura. IV Título
CDD A864

Fecha de catalogación: 14/09/2005

***Interacciones: ¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Porqué?...***
*Marisa Santo, Graciela Lecumberry, Silvia Orlando y Laura Dalerba*


Ruta Nacional 36 Km. 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel.: 54 (0358) 467 6200 – Fax.: 54 (0358) 468 0280
E-mail.: comunica@rec.unrc.edu.ar
Web: http://www.unrc.edu.ar

Comentarista: *Félix Ortiz*

Primera Edición: *Septiembre de 2005*

I.S.B.N.: 950-665-343-7

***Coordinación de Comunicación Institucional***
*Equipo de Producción Editorial*
Coordinador: *Lic. Miguel A. Tréspidi*
Registro: *Daniel Ferniot*
Diseño de tapa: *Lic. Marcelo Ciani*

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en Argentina – Printed in Argentina

# ÍNDICE

# INTRODUCCIÓN

Para comprender el comportamiento de la naturaleza el hombre genera ideas, construye modelos, símbolos, que según el problema que contribuyan a explicar conforman diferentes ciencias como la Química, la Física, la Geología, la Biología, entre otras. Estas Ciencias aportan descripciones, explicaciones y predicciones del mundo que nos rodea desde puntos de vista distintos, con metodologías propias y muchas veces con propósitos diferentes, a la vez que, generalmente se complementan y relacionan entre sí, con la matemática.

La búsqueda de explicaciones más generales de los fenómenos que ocurren en la naturaleza ha llevado a los científicos a realizar, por ejemplo, estudios interdisciplinarios generando grupos de trabajo formados por físicos, químicos, biólogos, ingenieros, etc., que trabajan en orientaciones disciplinares como "Biología Molecular", "Biofísica", "Química Biológica", "Geofísica", "Biotecnología", etc. Esta necesidad de interrelacionarse para conocer integradamente el mundo que nos rodea, justifica la inclusión y la integración de conocimientos conceptuales y procedimentales específicos que brindan cada una de las disciplinas mencionadas, en la formación inicial de cualquier especialidad (Licenciatura, profesorado y/o tecnicatura en Biología, Física, Química, Microbiología, Geología) en la Facultad de Ciencias Exactas de esta Universidad.

Por su parte, la Física se comienza a concebir, hace miles de años, como una filosofía de la naturaleza, por lo que se suele decir que es la más fundamental de todas las ciencias. Y...... ¿cómo trabaja la Física? Se puede responder, siguiendo a A.

Cromer que: "La Física es una motivación y un método. La motivación es la misma que tenían los griegos de la antigüedad: encontrar la naturaleza fundamental de las cosas; el método es el de Galileo: investigar sistemas simples en primera instancia por medio de la experimentación y el análisis matemático y luego interpretar sistemas complejos a través de las concepciones y modelos de sistemas simples".

Uno de los objetivos de las diferentes físicas, que se dictan como asignaturas en los primeros años de las distintas carreras de la Facultad de Ciencias Exactas, es ofrecer alternativas a los alumnos para conceptualizar, analizar y cuantificar diferentes interacciones o fuerzas presentes en la naturaleza, así como para comprender las leyes que describen el comportamiento de distintos sistemas como consecuencia de estas interacciones. Estas **leyes** son sencillas en su forma y explican con buenos resultados una amplia variedad de fenómenos cotidianos y observaciones experimentales, además constituyen los fundamentos de la **Mecánica Clásica**.

De ese amplio campo de conocimiento de la Física, conocido como Mecánica, se aborda en este material el concepto *de fuerza como interacción*, también se analizan las leyes de Newton y las características de algunas interacciones más comunes. Estos conceptos, leyes y aplicaciones constituyen contenidos mínimos necesarios para comenzar el estudio de la asignatura “Física” correspondiente a la carrera elegida. En relación a estos contenidos, se propone un conjunto de actividades diseñadas con los propósitos de estimular el trabajo con metodologías propias de la Física para el análisis de los sistemas estudiados y de construir modelos explicativos simples de los fenómenos abordados.

La estructura de este material incluye la presentación y el desarrollo de los conceptos básicos a trabajar durante las actividades de ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas, acompañados de explicaciones y ejemplos de aplicación. También contiene un conjunto de sugerencias y estrategias para la resolución de situaciones problemáticas. A esto se adjunta una guía de ejercicios y problemas de autoevaluación.

## Estrategias generales para resolver ejercicios y situaciones problemáticas.

La resolución de ejercicios o situaciones problemáticas es una actividad muy frecuente cuando se abordan fenómenos referidos a las ciencias naturales. Esta actividad permite que el estudiante desarrolle su capacidad para la interpretación y el análisis del enunciado de la situación planteada, la individualización de los datos, la identificación de posibles relaciones entre las magnitudes buscadas, la selección e implementación de estrategias de resolución, etc.

En este material -intercalado con los textos- se proponen ejercicios y problemas, algunos *resueltos* para facilitar el análisis de los conceptos y otros *propuestos* para resolver a medida que se avanza con la lectura y la comprensión del material. Además, se describen algunas ideas a tener en cuenta para resolver las distintas problemáticas planteadas y se brindan estrategias generales para orientar la búsqueda de la solución de problemas, reconociendo que no existe una única y precisa forma de encontrar un resultado o una posible respuesta. Cuando hablamos de resolver ejercicios y situaciones problemáticas nos referimos no sólo a encontrar una combinación de expresiones matemáticas que permitan llegar al resultado numérico, sino también al análisis de la descripción inicial de la situación planteada y la interpretación del resultado obtenido.

En los diferentes temas propuestos en el cuadernillo, las estrategias que se sugieren para guiar la resolución de las situaciones problemáticas planteadas se enmarcan con el siguiente formato:

## *Estrategias a tener en cuenta para analizar situaciones problemáticas*

- Leer e interpretar el enunciado. Esto implica un análisis detallado del enunciado, generalmente cuando las actividades involucran conceptos de Fuerza como en este material, se sugiere realizar dibujos de la situación a analizar para interpretarla claramente.

- Identificar las magnitudes explícitas o implícitas en el enunciado y las variables conocidas o por calcular. Esto permitirá comprender las condiciones particulares de la situación estudiada.

- Seleccionar y reconocer los factores de los que puede depender la magnitud buscada. Ello posibilitará buscar la ecuación matemática que se puede utilizar y luego operar con ella, pero reconociendo siempre las limitaciones y particularidades del modelo físico-matemático empleado.

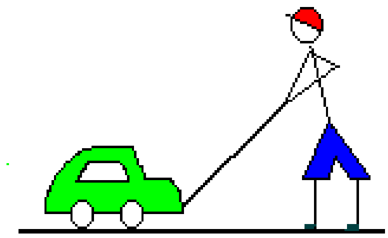
- Analizar cuidadosamente los resultados obtenidos. Es útil controlar las unidades de las magnitudes y cuestionarse si el valor obtenido como resultado es razonable.

# 1

## INTERACCIONES

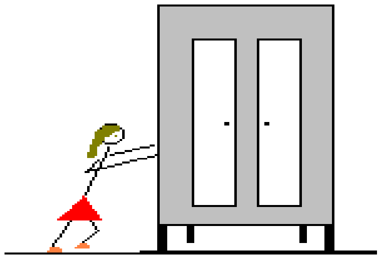
En algunas ocasiones, cuando analizamos el mundo que nos rodea, nos surgen diferentes preguntas ¿Porqué se unen los electrones, protones y neutrones para formar átomos? ¿Porqué se unen los átomos para formar moléculas? ¿Por qué el agua a temperatura ambiente (20°C) se encuentra en estado líquido mientras que el oxígeno es un gas?¿De qué modo se une la materia para constituir planetas o seres vivos? ¿Por qué los planetas giran alrededor del sol? ¿Por qué los cuerpos caen hacia la tierra? ¿Por qué no cae la luna si la tierra la atrae?¿Por qué se considera que el suelo nos ayuda para caminar? ¿Por qué tienen que ser tan grandes los delanteros de los equipos de Rugby? Podemos responder, en principio, todas esas preguntas mediante la introducción de la noción de **interacción**. Las partículas de un átomo interactúan para producir una configuración estable, los átomos interactúan para producir moléculas y éstas para formar cuerpos, el planeta Tierra atrae a diferentes objetos incluyendo la luna, etc. Es muy común describir a algunas de estas interacciones mediante el concepto de **fuerzas**.

Todos tenemos una noción intuitiva y subjetiva de lo que es una **Fuerza,** generalmente la asociamos a algo para tirar o empujar el objeto que estamos analizando tal como se esquematiza en la figura 1a) y 1b), o cuando se sostiene un cuadro, etc. Entendemos la fuerza como la causa para producir alguna modificación en el objeto, así, por ejemplo, tiramos o empujamos un objeto cuando queremos ponerlo en movimiento.



El niño tira de una cuerda unida a un juguete

a)



María empuja el mueble

b)

Figura 1

En el campo de la Física, hablar de Fuerza es pensar en explicar y describir la mayoría de los fenómenos naturales. En la actualidad esta ciencia explica tales fenómenos mediante la acción de cuatro fuerzas fundamentales: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la nuclear débil.

Surge como primer interrogante ¿cómo representamos las fuerzas?.

Para representar las fuerzas gráficamente se dibuja una flecha, que distingue por ejemplo el tirar del empujar, e indica en qué dirección se ejerce la acción. En Física a este tipo de magnitudes se las denominan **magnitudes vectoriales**[♦] ya que se representan con un vector, por tal motivo, para dibujar las fuerzas se utilizan flechas (vectores).

Para analizar esta forma de representación recurriremos a conceptos del campo de la matemática, en particular nos centraremos en el uso de vectores.

Los vectores son una representación matemática que permite describir plenamente las características de las fuerzas: **intensidad o módulo, dirección** y **sentido,** Figura 2, además, nos permite identificar el **punto de aplicación** (dónde actúa la fuerza).

Gráficamente se indican las características de la fuerza de la siguiente manera:

- ✓ **Intensidad o módulo:** representa la magnitud de la fuerza a través de la longitud del vector con alguna escala que se haya elegido. La unidad que se adopta para medir la intensidad de una fuerza (en el sistema M.K.S.) es el *newton* que se indica con la letra N.
- ✓ **Dirección:** es la de la recta sobre la cual yace la fuerza. Se puede expresar indicando el ángulo que forma dicha recta con un sistema de referencia, por ejemplo el eje horizontal. Se toma como criterio para medir el ángulo el sentido antihorario.
- ✓ **Sentido:** caracteriza hacia donde se produce la acción de la fuerza. Se indica gráficamente por la punta del vector y queda determinado, al igual que la dirección, por el ángulo que forma el vector con respecto a un sistema de referencia.
- ✓ **Punto de aplicación:** identifica el punto geométrico sobre el que actúa la interacción, es decir el origen del vector.

[♦] Al referirnos a las magnitudes vectoriales como las fuerzas, utilizaremos el formato negrita (**F**). Esto nos permitirá diferenciarlas, en el texto o en las expresiones matemáticas, de las magnitudes escalares como por ejemplo el tiempo, las cuales se indicaran en el texto en formato regular (t). Es importante recordar que las magnitudes escalares se definen totalmente indicando su módulo en la unidad correspondiente.

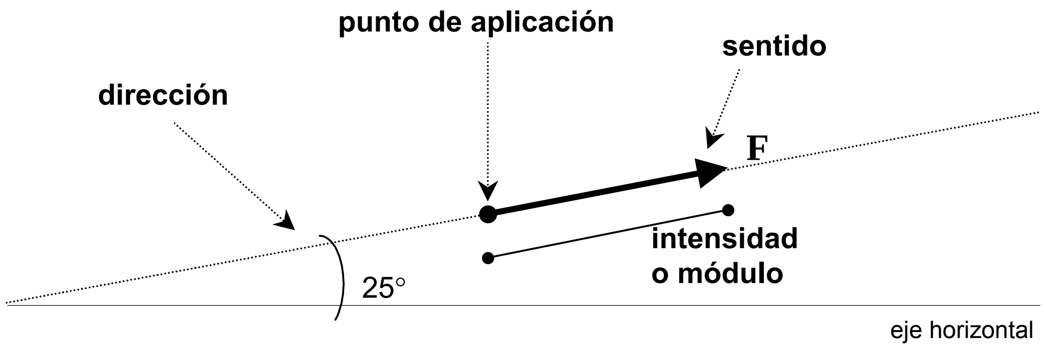
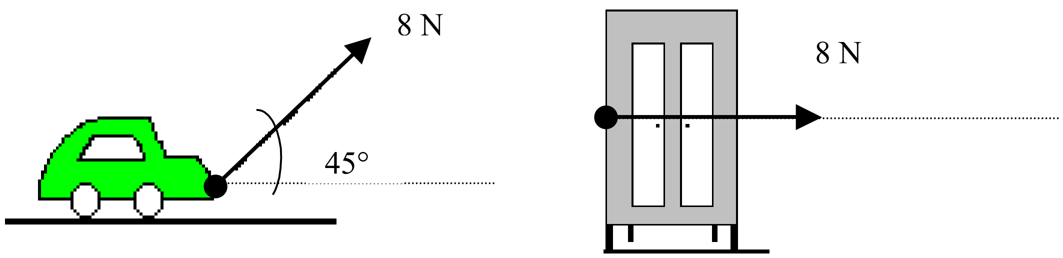



Figura 2

*Representación de una fuerza **F***

Retomando los ejemplos de la figura 1, podemos representar las interacciones ( de tirar o empujar) con un vector (que tiene módulo, dirección y sentido definidos). Este vector indica la fuerza que actúa sobre cada sistema [auto de juguete (a) o mueble (b)], como se indica en las figuras 3 a) y 3 b). Para la representación de la fuerza elegimos como escala que 1 cm representa 4 N.




a) b)

Figura 3

### 1.1 Comparando Fuerzas

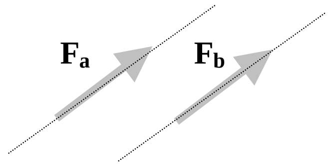
Durante el estudio de las interacciones presentes en un sistema necesitamos comparar las diferentes fuerzas que actúan, sumarlas o restarlas. Pero para realizar cualquiera de estas operaciones es necesario no olvidar el carácter vectorial de tales fuerzas.

**¿Cuándo decimos que dos fuerzas son iguales?**

Cuando se comparan dos fuerzas que tienen el mismo módulo, la misma dirección y el mismo sentido, podemos afirmar que ambas fuerzas son iguales.

$\mathbf{F_a = F_b}$

- Módulos iguales, $F_a = F_b$ *(Flechas de igual longitud)*
- direcciones iguales *(rectas paralelas)*
- sentidos iguales *(apuntan hacia el mismo lado)*

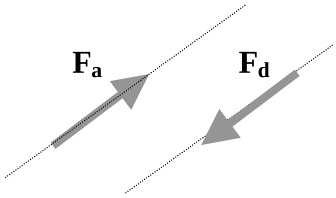



**¿Cuándo decimos que dos fuerzas son iguales en módulo pero opuestas?**

Cuando dos fuerzas tienen el mismo módulo, la misma dirección y sentido opuesto.

$\mathbf{F_a}$ **y** $\mathbf{F_d}$

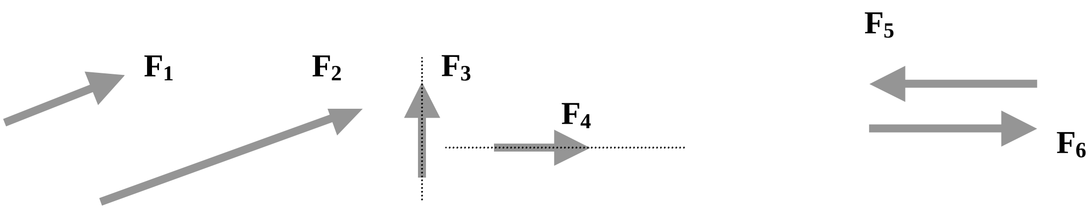
- Módulos iguales, $F_a = F_d$
- direcciones iguales
- sentidos opuestos




Estas fuerzas son opuestas, por lo que se puede expresar que $\mathbf{F_a = -F_d}$

**¿Cuándo decimos que dos fuerzas son diferentes?**

Decimos que dos fuerzas son distintas cuando difieren en su módulo, y/o en su dirección, y/o en su sentido. Es decir, cuando comparamos dos o más fuerzas y alguna de sus características es diferente, las fuerzas son desiguales, por ejemplo:




$\mathbf{F_1}$ **y** $\mathbf{F_2}$ difieren en sus módulos

$\mathbf{F_3}$ **y** $\mathbf{F_4}$ difieren en la dirección

$\mathbf{F_5}$ **y** $\mathbf{F_6}$ difieren en el sentido

**Ejercicios para resolver**

**1) Dibujar dos vectores con**

a) Igual módulo, igual dirección, diferente sentido, diferente punto de aplicación.

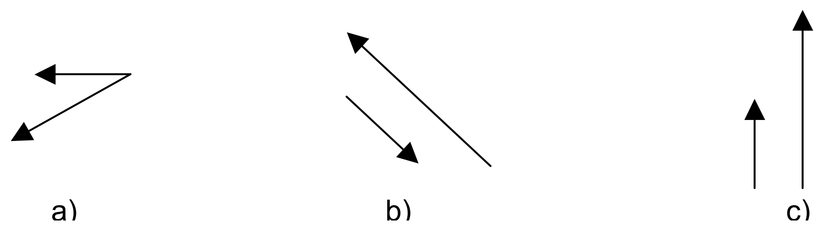
b) Diferente módulo, igual dirección, diferente sentido, igual punto de aplicación.

**2) ¿Cómo representaría las siguientes fuerzas?**

$F_1 = 2N$ $\theta = 30°$ respecto a la horizontal.

$F_2 = 8N$ $\theta = 200°$ respecto a la vertical.

**3) ¿Qué similitudes y qué diferencias existen entre los siguientes pares de fuerzas?**




**¿Cómo sumamos o restamos fuerzas?**

Como las fuerzas son **magnitudes vectoriales** debemos utilizar algún método matemático que nos permita sumar o restar vectores. Existen diferentes métodos, el geométrico (o método del paralelogramo) si bien es el más simple, a veces, no es recomendable en situaciones en las que es necesario trabajar con vectores de módulo muy diferente, o si necesitamos gran exactitud en el cálculo, o cuando debemos analizar sistemas tridimensionales. Otro método de uso más general surge del **análisis de los valores de las componentes de los vectores,** y es denominado método analítico.

Este *método analítico* comprende la descomposición de los vectores en dos componentes perpendiculares y la posterior suma de componentes en cada eje en forma independiente. Por lo tanto, nos detendremos a analizar cómo se descomponen los vectores en diferentes direcciones para luego estudiar cómo operar (sumar y restar) con fuerzas

## 1.2 Descomposición de fuerzas

Un vector puede describirse completamente por sus componentes, es decir por la proyección del vector en dos direcciones establecidas (x e y).

En la figura 4 a), la componente $\mathbf{V_x}$ del vector **V** es la proyección del mismo sobre una línea en el espacio (x, horizontal), que se obtiene trazando una perpendicular desde el extremo del vector a dicha línea.

Esta proyección se denomina componente x rectangular.

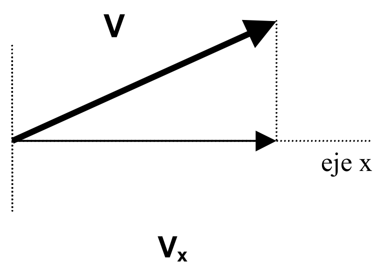



Figura 4 a)

Lo mismo ocurre para una segunda dirección y Figura 4 b)

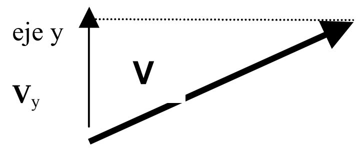



Figura 4 b)

En la figura 5, se muestra un vector **A** situado en un plano xy, formando un ángulo θ con respecto al eje x. Además, se representan las componentes rectangulares, que hemos denominado $\mathbf{A_x}$ y $\mathbf{A_y}$.

Estas componentes se relacionan con el vector ya que la suma de $\mathbf{A_x}$ y $\mathbf{A_y}$ da como resultado el vector **A.**

Analizando la figura 5, observamos que las componentes y el vector conforman un triángulo rectángulo cuya hipotenusa es **A**. A partir de la figura 5, entonces, podemos definir las funciones trigonométricas:

$\tan \theta = A_y/A_x$

$\text{sen}\ \theta = A_y/A$

$\cos \theta = A_x/A$

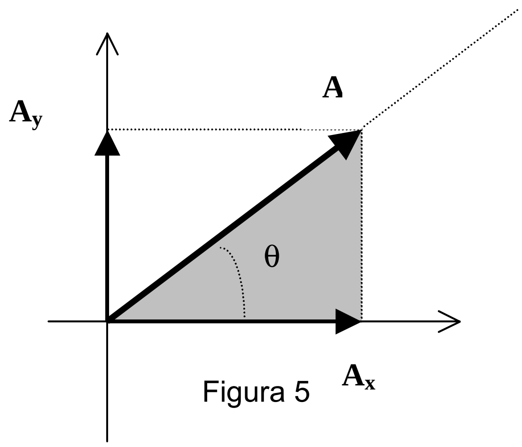



Figura 5

Por lo tanto, las magnitudes de las componentes de **A** se pueden expresar como

$$A_x = A \cos \theta \qquad (1)$$
$$A_y = A\ \text{sen}\ \theta \qquad (2)$$

Observamos que la intensidad del vector **A** y su dirección se pueden expresar en términos de sus componentes por medio de las expresiones

Intensidad de **A** $\quad A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \quad (3)$

Dirección de **A** $\quad \theta = \text{arcotag}\ (A_y/A_x) \quad (4)$

**Un ejercicio resuelto**

4) Al analizar sistemas en los que actúan fuerzas se puede especificar una de ellas como el vector **F**, indicando su módulo, F, y su dirección, $\theta$

$F = 10\ N \qquad \theta = 40°$ respecto a la horizontal (ver Figura 6 a).

Calcular los valores de las componentes rectangulares de la fuerza **F**

*Repuesta*:

Las componentes rectangulares de **F** las llamaremos $F_x$ y $F_y$ representadas en la Figura 6 b).

$$F_x = F \cos 40 = 10\ N \cos 40 = 7.66\ N$$

$$F_y = F \text{ sen } 40 = 10\ N \text{ sen } 40 = 6.43\ N$$

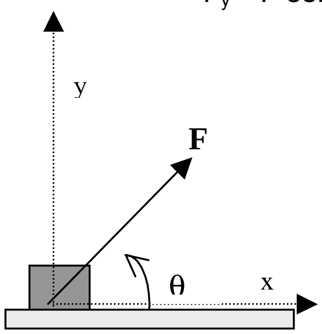



Figura 6 a)

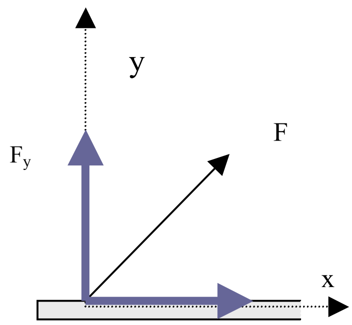



Figura 6 b)

En muchos casos, como ya se ha mencionado, para examinar situaciones problemáticas en Física es necesario descomponer fuerzas en sus componentes vectoriales. En algunos sistemas es conveniente expresar las componentes en sistemas de coordenadas que tengan ejes que no sean horizontales o verticales, pero que siguen siendo perpendiculares entre sí.

Por ejemplo la fuerza **B**, forma un ángulo θ' con el eje x', como se muestra en la figura 7. Las componentes de B a lo largo de estos ejes son

$B_x = B \cos \theta'$

$B_y = B \operatorname{sen} \theta'$

como en las ecuaciones (1) y (2).
La magnitud y dirección de **B** se obtienen de expresiones equivalentes a (3) y (4).
De esta manera es posible expresar las componentes de un vector en el sistema de coordenadas adecuado para cada situación particular.

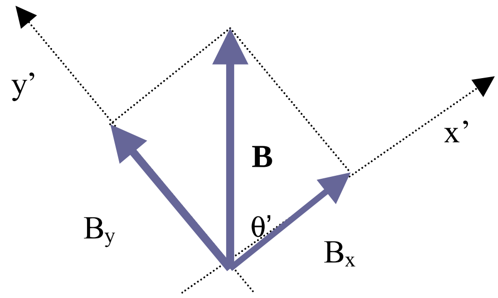



Figura 7

## *Estrategias a tener en cuenta para analizar situaciones problemáticas*

### Descomposición de fuerzas

***Cuando se descomponen fuerzas se sugiere tener en cuenta algunos procedimientos:***

- ***Elegir y dibujar un sistema de coordenadas perpendiculares adecuado***
- ***Ubicar el punto de aplicación de la fuerza en el origen del sistema de coordenadas e identificar el ángulo entre la dirección de la fuerza y un eje de referencia.***
- ***Descomponer la fuerza en la dirección x e y del sistema de coordenadas***
- ***Determinar la intensidad o módulo de las componentes empleando la función trigonométrica correspondiente.***

### 1.3 Suma de fuerzas

Veamos ahora como emplear el método de descomposición en componentes para sumar fuerzas. Se requiere sumar la fuerza **A** y la fuerza **B**, las cuales tienen diferente módulo, dirección y sentido. **A** tiene componentes $A_x$ y $A_y$, y **B** tiene componentes $B_x$ y $B_y$, como se esquematiza en la figura 8 a) y 8 b)

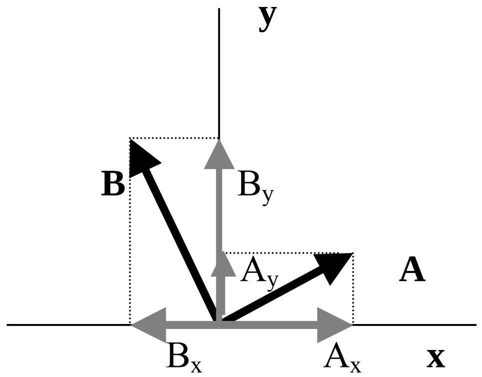



Figura 8 a)

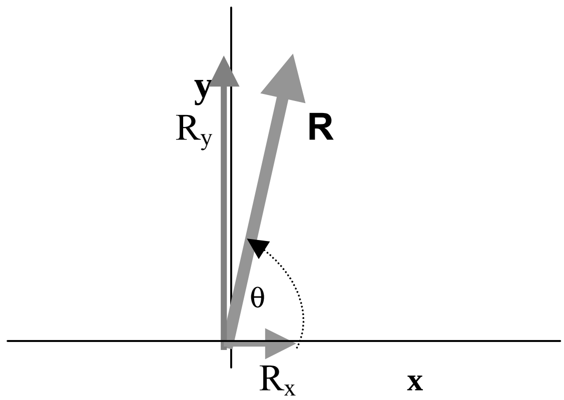



Figura 8 b)

La fuerza resultante **R** = **A** + **B** tendrá las componentes

$R_x = A_x + B_x$ (5) $R_y = A_y + B_y$ (6)

Así, el módulo de **R** y su dirección θ pueden obtenerse a partir de la suma de sus componentes utilizando la expresión

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$R = \sqrt{(A_x + B_x)^2 + (A_y + B_y)^2} \quad (7)$$

$$\theta = \text{arcotag}\,[(A_y + B_y) / (A_x + B_x)] \quad (8)$$

**Un ejercicio resuelto**

5) Dos personas Juan y Pedro tiran de una mula que se paró en el medio de la calle. Juan hace una fuerza $F_1$ = 80 N y Pedro $F_2$ = 120N como se esquematiza en la Figura n°9 a). Calcule la fuerza neta que se realiza sobre el animal.

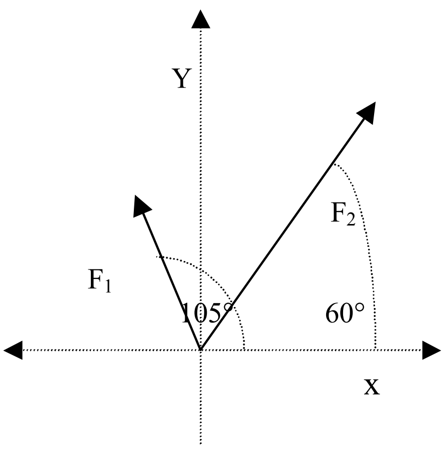



Figura 9 a)

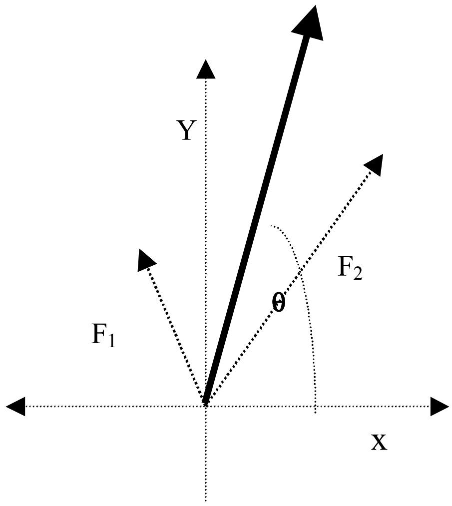



Figura 9b)

Las fuerzas $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$ tienen componentes en ambos ejes. Para calcular la fuerza resultante $\mathbf{R} = \mathbf{F_1} + \mathbf{F_2}$ que actúa sobre la mula es necesario descomponer las fuerzas $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$ en los ejes x e y.

$F_{1x} = F_1 \cos 105° = -21N$ $\quad$ $F_{1y} = F_1 \text{ sen}105° = 77N$

$F_{2x} = F_2 \cos 60° = 60N$ $\quad$ $F_{2y} = F_2 \text{ sen}60° = 104N$

La fuerza resultante tendrá las componentes

$R_x = F_{1x} + F_{2x}$ $\quad$ $R_y = F_{1y} + F_{2y}$

$R_x = -21N + 60N$ $\quad$ $R_y = 77N + 104N$

$R_x = 39$ N $\quad$ $R_y = 181N$

El módulo de **R** y su dirección θ se obtienen aplicando las ecuaciones (7) y (8) y se representan en la figura 9b).

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$ **R=185 N**

$$\theta = \text{arcotag}\,[(R_y) / (R_x)]$$ **θ = 78°**

## *Estrategias a tener en cuenta para analizar situaciones problemáticas*

### Suma de fuerzas

***Cuando se suman fuerzas se deben tener en cuenta las siguientes sugerencias:***

- ***Dibujar un sistema de coordenadas perpendiculares adecuado.***
- ***Trasladar el punto de aplicación de todas las fuerzas al origen del sistema de coordenadas respetando la dirección y sentido de cada una.***
- ***Descomponer las fuerzas en las direcciones de los ejes x e y.***
- ***Sumar o restar según corresponda, las componentes de las fuerzas en cada eje, encontrando así las componentes de la fuerza resultante.***
- ***Determinar la magnitud y dirección de fuerza resultante. Para ello***

  ***I- Utilizar el teorema de Pitágoras a fin de encontrar la magnitud***
  **II-** ***Determinar el ángulo entre la resultante y el eje x, empleando la función trigonométrica correspondiente para hallar la dirección.***

**Ejercicios para resolver**

6) Calcular el módulo y la dirección de la fuerza resultante dadas sus componentes $R_x$= 7.2 N y $R_y$= 16 N.

7) Sobre un objeto actúan dos fuerzas $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$, como se esquematiza en la figura I. Calcular el módulo y la dirección de la fuerza resultante.

8) Para el sistema de fuerzas de la figura II calcular:
   a) El módulo de la componente, $R_x$, de la resultante
   b) El módulo de la componente, $R_y$, de la resultante
   c) El módulo y la dirección de la fuerza resultante **R**.

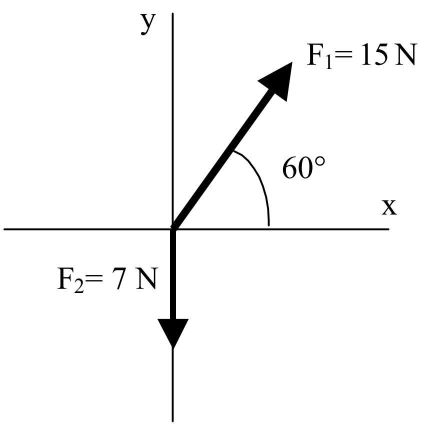



Figura I

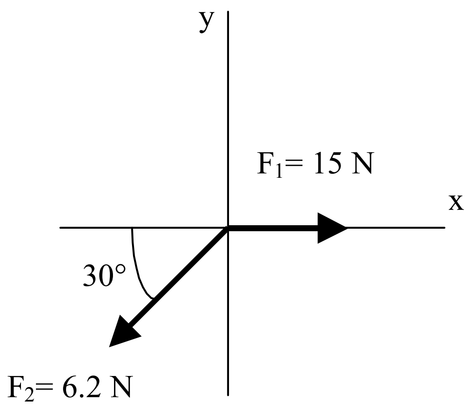



Figura II

# 2

# LEYES DE NEWTON

*L*as leyes que explican el movimiento de un cuerpo fueron descriptas por Isaac Newton en 1687. Ellas dan una descripción tan exacta del por qué se mueven los cuerpos que se constituyen en una Teoría fundamental de la Mecánica Clásica.

Iniciaremos el análisis de estas leyes describiendo el Principio de Acción-Reacción que generalmente se denomina Tercera Ley de Newton, ya que presenta elementos para abordar el concepto de fuerza como interacción. Continuaremos analizando las condiciones para que un cuerpo u objeto esté en equilibrio (aquellos cuerpos que están quietos o que se mueven a velocidad constante). Cerraremos el capítulo con el estudio de las interacciones que actúan en un cuerpo que comienza a moverse o se mueve cambiando su velocidad.

## 2.1 La tercera ley de Newton

La acción de una fuerza actuando sobre un objeto revela siempre la interacción entre dos cuerpos. Newton comprendió que una fuerza no es algo aislado sino parte de una acción mutua, es decir, de una INTERACCIÓN entre una cosa y otra; por lo tanto *no es posible la existencia de una fuerza aislada*.

Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce sobre el primero una fuerza igual y opuesta. Newton estableció esta característica de las fuerzas en la Tercera ley del movimiento (también conocida como la ley de Acción y Reacción).

**Tercera ley de Newton**

*Si dos cuerpos interactúan, la fuerza ejercida por el cuerpo 1 sobre el cuerpo 2 ($\mathbf{F}_{1,2}$)* ***tiene el mismo módulo, la misma dirección y sentido opuesto*** *a la fuerza ejercida por el cuerpo 2 sobre el cuerpo 1 ($\mathbf{F}_{2,1}$).*

En símbolos podemos expresar esta ley como

$$\mathbf{F}_{1,2} = -\mathbf{F}_{2,1} \qquad (9)$$

Donde el primero de los subíndices hace referencia al cuerpo que ejerce la fuerza y el segundo subíndice (que se coloca después de la coma) indica sobre qué cuerpo actúa la fuerza.

***Es importante recordar que las fuerzas $F_{1,2}$ y $F_{2,1}$ actúan sobre cuerpos diferentes.*** $\mathbf{F}_{1,2}$ es la interacción que realiza el cuerpo 1 sobre el cuerpo 2, esta fuerza actúa sobre el cuerpo 2. Por otra parte, $\mathbf{F}_{2,1}$ es la interacción que realiza el cuerpo 2 sobre el cuerpo 1, esta fuerza actúa sobre el cuerpo 1, como se esquematiza en la Figura 10.

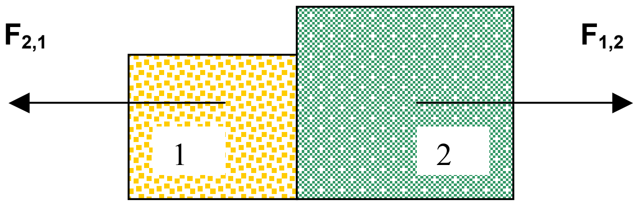



Figura 10
Representa la interacción de dos cuerpos en una situación particular

Las dos fuerzas que intervienen en toda interacción entre dos cuerpos reciben el nombre de ***acción*** y ***reacción***. Esta denominación no significa que una de las fuerzas pueda considerarse la causa y la otra el efecto de la interacción analizada. En general se utiliza la denominación **acción** para hacer referencia a la fuerza que actúa en el objeto que estamos analizando.

Es posible resumir las características de las fuerzas **acción** y **reacción** diciendo que:

# Surgen de la misma interacción
# Tienen igual módulo.
# Tienen igual dirección.
# Tienen sentido opuesto.
# Actúan sobre cuerpos diferentes.
# Actúan simultáneamente.

**Un ejercicio resuelto**

9) a) Analizar las fuerzas que actúan en el autito apoyado sobre la mesa (figura 11).
b) Indicar los correspondientes pares acción-reacción.

*Respuesta*

a) El autito apoyado sobre la mesa interacciona con dos sistemas diferentes, la Tierra y la mesa, por lo tanto sobre él actúan dos fuerzas (Figura 11 c).

b) El peso del autito (**$F_{t,a}$** o **P**) surge de la interacción entre la Tierra y la masa del auto, o sea, es la acción que genera la Tierra sobre el autito. La fuerza de reacción a **P** es la fuerza que ejerce el autito sobre la Tierra (**$F_{a,t}$** o **P´**) y actúa sobre la Tierra (Figura 11 a).
También, el auto interactúa con la mesa que lo sostiene. La mesa ejerce una fuerza sobre el autito llamada fuerza de contacto o Normal (**$F_{m,a}$** o **N**), que evita que se caiga. La reacción a **N** es la fuerza ejercida por el autito sobre la mesa, (**$F_{a,m}$** o **N´**) y actúa sobre la mesa (Figura 11 b).


Figura 11 a)
Representación de las interacciones entre la Tierra y el autito

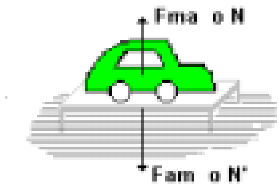



Figura 11 b)
Representación de las interacciones entre la mesa y el autito


Figura 11c)
Representación de las fuerzas sobre el autito

Centremos la atención en la figura 11 c), observaremos que se han representado dos fuerzas sobre el sistema (autito), el peso **P** y la fuerza de contacto **N**. Siendo ellas (en este caso) las únicas dos fuerzas que actúan sobre el auto, como se mencionó en el punto a.

## 2.2 La primera ley de Newton

Uno de los efectos de una fuerza es modificar el estado de movimiento de un cuerpo. Este movimiento puede considerarse compuesto por movimientos de traslación y rotación. En el caso más general, una única fuerza que actúa sobre un cuerpo produce cambios en su movimiento de traslación y de rotación.

Si son varias las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, sus efectos pueden compensarse, por lo tanto no existirá cambio en su movimiento, ni de traslación ni de rotación. Decimos entonces que el sistema está en equilibrio si cumple las siguientes condiciones:

1) el cuerpo en su conjunto permanece en reposo o se mueve a velocidad constante.
2) el cuerpo no gira o lo hace a velocidad constante.

La primera condición de equilibrio asegura que el cuerpo debe tener equilibrio de traslación y la segunda afirma el equilibrio de rotación♦. La afirmación de que un cuerpo está en equilibrio cuando se cumplen estas dos condiciones es la esencia de la primera ley de Newton.

> ***Primera ley de Newton***
> Para que un cuerpo permanezca en reposo o se mueva a velocidad constante, es necesario que la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él sea igual a cero.

Sobre el cuerpo de la figura 12 suponemos que actúan solamente dos fuerzas, $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$. Si las fuerzas tienen el mismo módulo y dirección, siendo sus sentidos opuestos, es decir

$$\mathbf{F_2} = - \mathbf{F_1}$$

Entonces la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo o fuerza resultante (**R**) es cero

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$
$$\mathbf{R} = 0$$

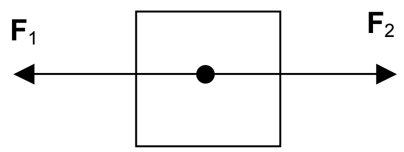



Figura 12

Cuando *un cuerpo está en equilibrio,* ***la fuerza resultante*** *obtenida al sumar todas las fuerzas que actúan sobre él* ***es cero***, aunque sobre el cuerpo actúen más de dos fuerzas.
En términos generales podemos expresar

$$\mathbf{R} = \sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \mathbf{F}_n = 0 \qquad (10)$$

Donde el símbolo $\sum$ representa la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo estudiado.

Teniendo en cuenta las componentes de cada fuerza que están en la misma dirección, podemos sumar las fuerzas en la dirección de x e y

$$\sum F_{\mathbf{x}} = 0 \qquad (11)$$
$$\sum F_{\mathbf{y}} = 0 \qquad (12)$$

♦ En esta instancia trabajaremos con la primera condición de equilibrio, es decir que sólamente analizaremos cambios en el movimiento de traslación de un cuerpo. La segunda condición de equilibrio referida a la rotación de los cuerpos se desarrollará en detalle en los cursos de grado de Física.

**Un ejercicio resuelto**

10) Analizar si el autito apoyado sobre la mesa, del ejemplo anterior, se encuentra en equilibrio.

*Respuesta*


Figura 13
Representación de las fuerzas
sobre el sistema de estudio

Ya habíamos analizados que las fuerzas que actúan en este sistema son, el Peso **P** y la fuerza de contacto **N**.
Como *el auto* no se mueve, *permanece apoyado* sobre la mesa, la suma de las fuerzas que actúan sobre el sistema da como resultado cero. Podemos decir que el autito está en equilibrio.
En símbolo lo expresamos como:

$$\mathbf{R} = \sum \mathbf{F} = \mathbf{N} - \mathbf{P}$$
$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{N} - \mathbf{P} = 0$$
$$\mathbf{N} = \mathbf{P}$$

Por lo tanto, el Peso y la Fuerza de contacto sobre el autito apoyado en la mesa tienen la misma dirección, el mismo módulo y sentido contrario.

## 2.3 La segunda ley de Newton

La primera ley de Newton nos permite describir lo que le ocurre a un sistema cuando la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es igual a cero. Sabemos que en esas condiciones el sistema permanece en reposo o se mueve en línea recta a velocidad constante.

La segunda ley de Newton nos permite explicar que le sucede a un objeto cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre él no es igual a cero.

***Segunda ley de Newton***

*Un objeto sobre el cual actúa una fuerza neta (**$F_{neta}$**) tiene una aceleración♦ ( **a**). El vector **a** tiene la misma dirección de **$F_{neta}$** y su módulo es igual al cociente entre la fuerza neta y la masa del objeto (**m**).*

Sobre el cuerpo esquematizado en la figura 13 actúan dos fuerzas, $\mathbf{F}_1$ y $\mathbf{F}_2$.
La fuerza neta o fuerza resultante (**R**) que se puede considerar que actúa sobre el cuerpo es

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

La resultante (**R**) de la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo o fuerza neta ($\mathbf{F}_{neta}$) es igual al producto de la masa del cuerpo por la aceleración que actúa sobre él.
En símbolos podemos expresar que

$$\mathbf{R} = \sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_{neta}$$

$$\mathbf{F}_{neta} = m\,\mathbf{a} \quad (13)$$

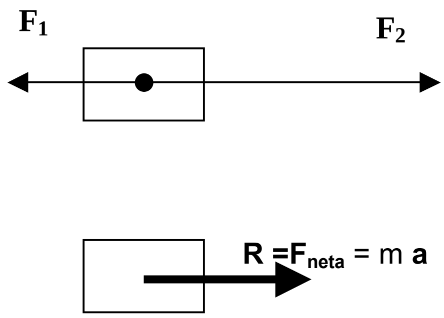


Figura 14

En términos de las componentes de las fuerzas que actúan podemos expresar

$$\sum F_x = F_{(neta)\,x} = m\,a_x \qquad (14)$$

$$\sum F_y = F_{(neta)\,y} = m\,a_y \qquad (15)$$

♦ La aceleración, **a**, que actúa sobre un cuerpo es una magnitud vectorial y se expresa como el cambio del vector velocidad de dicho cuerpo en un intervalo de tiempo. $\mathbf{a} = \Delta\mathbf{v}/\Delta t$

# 3

# LAS FUERZAS EN LA NATURALEZA

Todas las fuerzas que se observan en la naturaleza pueden explicarse en función de cuatro interacciones básicas o fuerzas fundamentales:
***Fuerza gravitatoria***. Es la interacción ejercida entre la masa de la Tierra y la masa de un cuerpo próximo o no a la superficie terrestre.
***Fuerza electromagnética***. Es la interacción que se ejerce entre cuerpos cargados eléctricamente. Como prevalece a escala atómica, se manifiesta en la practica de diferentes maneras. Por ejemplo como fuerza de contacto, de rozamiento, elástica, en reacciones químicas, en fenómenos luminosos, en dispositivos eléctricos o electrónicos, etc.
***Fuerza nuclear fuerte*** y ***Fuerza nuclear débil***. Estas interacciones operan entre partículas elementales, protones, neutrones y electrones, a distancias menores que $10^{-10}$ cm, pero producen enormes efectos observables.

En este material describiremos brevemente algunas fuerzas comúnmente utilizadas para describir interacciones presentes en fenómenos cotidianos.

## 3.1 La fuerza gravitatoria.

La fuerza más común en nuestra experiencia diaria es la fuerza de atracción que la tierra ejerce sobre los objetos. Esta fuerza se denomina peso del objeto, **P**, que como sabemos, es una magnitud vectorial que tiene módulo, dirección y sentido, por eso lo marcamos con negrita.

La fuerza peso actúa sobre todos los cuerpos. Si dejamos caer un objeto próximo a la superficie terrestre, considerando la resistencia del aire despreciable, la fuerza que actúa sobre éste es la fuerza debida a la acción del campo gravitatorio terrestre. Esta fuerza neta genera sobre el objeto una aceleración[♦] constante de 9,8 m/s$^2$, a la que denominamos aceleración de la gravedad, **g,** que también es una magnitud vectorial, que tiene la misma dirección y sentido que la fuerza peso.

[♦] Según la segunda ley de Newton esta aceleración, tendrá la misma dirección y sentido que la fuerza neta que la genera, vertical hacia abajo, es decir hacia el centro de la tierra.

Podemos calcular el módulo de la fuerza peso que actúa en un objeto de masa, m, aplicando la segunda ley de Newton

Peso = masa x aceleración de la gravedad

$$\mathbf{P} = m\,\mathbf{g} \qquad (16)$$

**Un ejercicio resuelto**

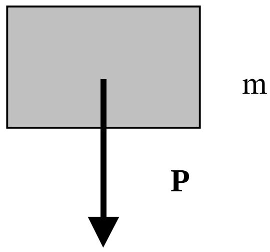
**7) Calcule la fuerza peso que actúa sobre un cuerpo de 3 kg de masa**

$\mathbf{P} = m\,\mathbf{g}$

$\mathbf{P} = 3\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2$

$\mathbf{P} = 29{,}4\ \text{kg.m/s}^2$

$\mathbf{P} = 29{,}4$ N (Newton)




| Sistema de unidades | Fuerza | Masa | Aceleración |
|---|---|---|---|
| mks | Newton (N) | Kilogramo (kg) | $m/s^2$ |
| cgs | dina (dina) | gramo (g) | $cm/s^2$ |

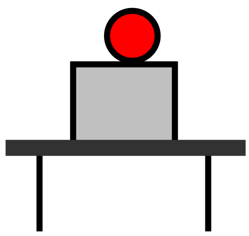
## 3.2 Fuerza de contacto o fuerza normal

La mayor parte de las fuerzas comunes que observamos sobre los objetos macroscópicos son fuerzas de contacto ejercidas por resortes, cuerdas y superficies en contacto directo con el objeto. Surgen como resultado de interacciones moleculares ejercidas por las moléculas de un objeto sobre las moléculas de otro. Estas fuerzas moleculares son manifestaciones de la fuerza electromagnética básica.

Cuando dos cuerpos están en contacto entre sí, se ejercen mutuamente fuerzas debidas a las interacciones de las moléculas de un cuerpo sobre las del otro.

Consideremos un bloque en reposo sobre una mesa horizontal. El peso del bloque lo empuja hacia abajo, presionándolo contra la mesa. Como las moléculas de la mesa ofrecen una gran resistencia a la compresión, la mesa ejercerá una fuerza hacia arriba sobre el bloque perpendicular a la superficie. Esta interacción se denomina **fuerza de contacto o normal, N,** (normal significa con dirección perpendicular). Este nombre nos ayuda a recordar que la dirección de la fuerza **N** es siempre perpendicular a la superficie de contacto entre los dos objetos.

Es importante recordar que para que esta interacción exista es necesario que los objetos se encuentren en contacto. Por ejemplo la fuerza **N** entre la pelota y la mesa es cero porque la mesa y la pelota no están en contacto.



La fuerza normal o de contacto, **N**, ejercida por una superficie sobre otra puede variar dentro de un amplio intervalo de valores. Por ejemplo, si se coloca un cuerpo sobre una mesa (a no ser que el cuerpo rompa la mesa), la mesa ejercerá una fuerza de contacto o normal hacia arriba sobre el cuerpo exactamente igual en módulo al peso del cuerpo, independientemente de la magnitud del peso del mismo. Esta situación se esquematiza en la Figura 15 a). Si inclinamos la superficie que sostiene al cuerpo, la fuerza de contacto o normal modifica su valor en función del ángulo de inclinación. Figura 15b) Por otra parte, si presionamos hacia abajo sobre el cuerpo, la mesa ejercerá una fuerza de contacto o normal mayor que el peso del cuerpo, evitando que el cuerpo se mueva hacia abajo. Figura 15c)

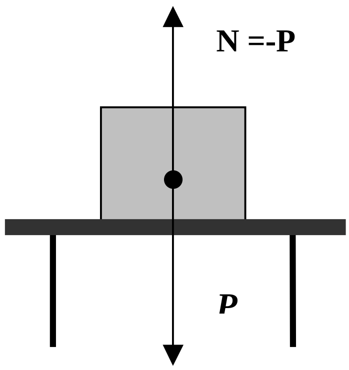



Figura 15 a)

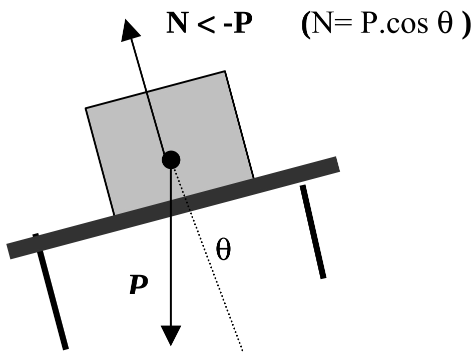



Figura 15 b)

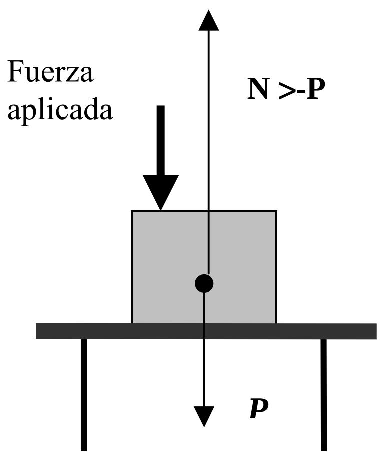



Figura 15 c)

### 3.3 Fuerzas de fricción por deslizamiento

La **fuerza de fricción**, ***f***, es una interacción que se opone al movimiento de una superficie respecto a otra. Se genera debido a los enlaces entre las moléculas en la interfase de las superficies, en aquellos lugares en que los objetos están en íntimo contacto. Figura 16

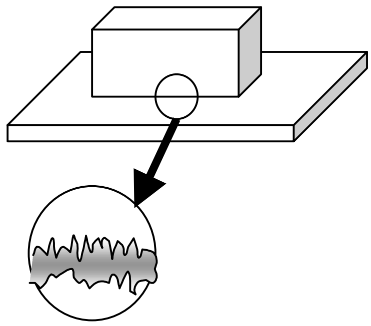


Figura 16

Experimentalmente se encuentra que la fuerza de fricción depende de la naturaleza de las dos superficies, lo que se considera en el coeficiente de fricción ($\mu$). También depende de la fuerza con que las dos superficies están presionadas una con la otra, es decir depende de la fuerza de contacto o normal (**N**)

El módulo de ***f*** puede tomar diferentes valores, por lo que en general podemos expresar

$$\boldsymbol{f} \leq \mu \, \mathbf{N}$$

La dirección de ***f*** es paralela a la superficie sobre la que se produce el deslizamiento y siempre se opone al movimiento.

Cuando el objeto que se intenta mover está aún en reposo, denominamos a la interacción de rozamiento existente **fricción estática,** $\boldsymbol{f_e}$, y expresamos

$$\boldsymbol{f_e} \leq \mu_e \, \mathbf{N} \qquad (17)$$

donde $\mu_e$ representa el coeficiente de fricción estático.(Ver tabla 1).

En base a la definición de fuerza de fricción estática podemos ver que ésta puede tomar diferentes valores, incluso si $\mu$ y **N** son constantes. Para comprender mejor esta definición analizaremos una situación particular.

Si aplicamos una fuerza horizontal, $F_a$, sobre una caja que descansa sobre el suelo, como la de la figura 17, es posible que la caja no se mueva. Si la caja está en reposo la fuerza neta sobre la caja es cero, entonces

$$\mathbf{F_a} - \boldsymbol{f_e} = 0 \qquad (18)$$

$$\mathbf{F_a} = \boldsymbol{f_e} \qquad (19)$$

Si ahora aumentamos la fuerza aplicada, Fa, como se esquematiza en la figura 17 y el objeto no se mueve, podemos decir que aún permanece en equilibrio. Esto significa que $\boldsymbol{f_e}$ aumentó para seguir siendo igual a la $\mathbf{F_a}$ . Cuando la fuerza aplicada logra apenas vencer la fuerza de **fricción estática**, se inicia el movimiento. El valor máximo de fricción estática se ejerce cuando el objeto se dispone a deslizar. Figura 17c). En esta condición podemos rescribir la ecuación (17) con un signo igual

$$\boldsymbol{f_e}_{\,MAX} = \mu_e \, \mathbf{N} \qquad (20)$$

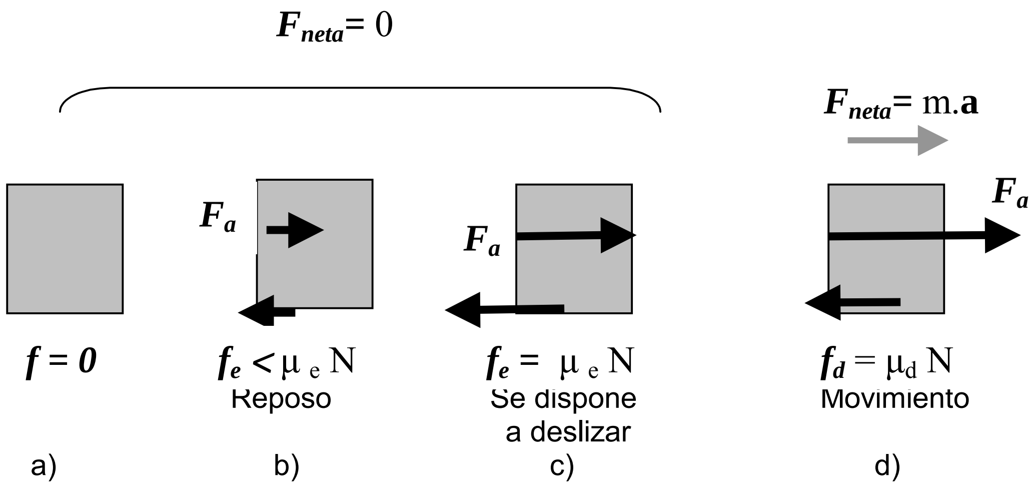



Figura 17

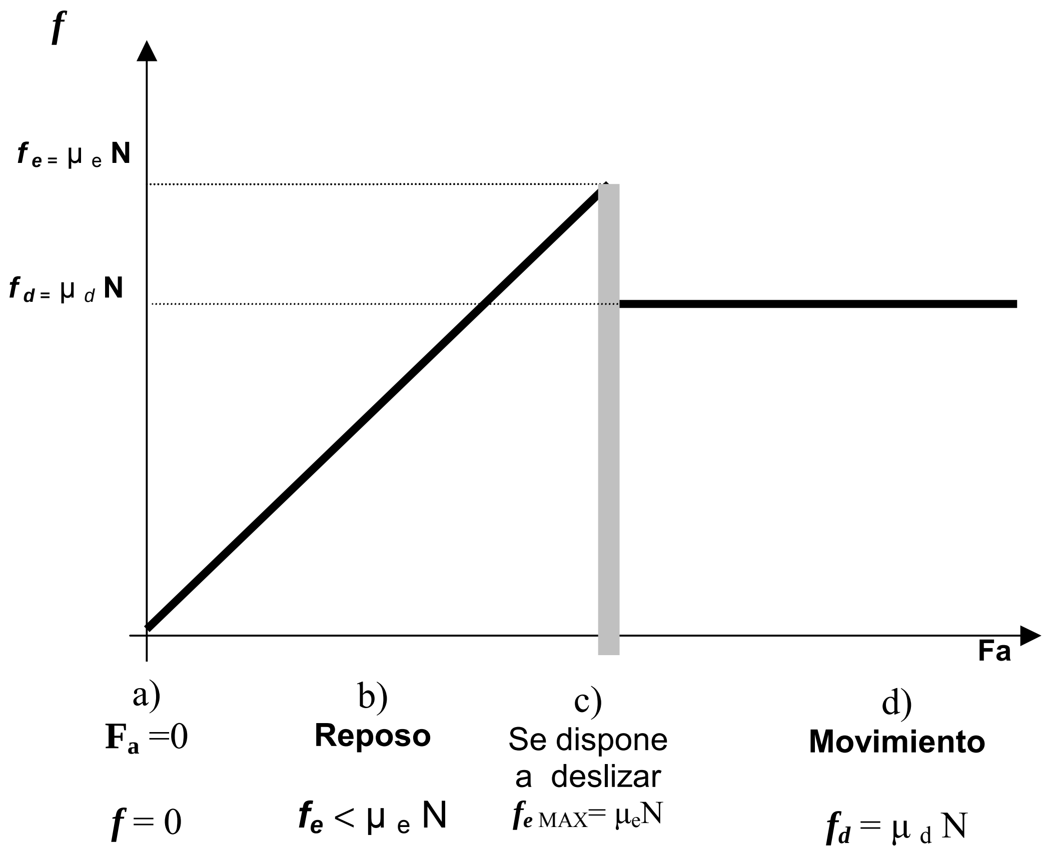



Figura 18

Una vez que el objeto está en movimiento actúa la **fricción dinámica, $f_d$** ,que también actúa oponiéndose al movimiento y con una magnitud que se puede expresar

$$f_d = \mu_d \mathbf{N} \qquad (21)$$

donde $\mu_d$ representa el coeficiente de fricción dinámico (Ver Tabla 1).

Por lo general el coeficiente de fricción dinámico es menor que el coeficiente de fricción estático ($\mu_d < \mu_e$ ) para dos superficies definidas, como se observa en la Tabla 1. Esto significa que la fuerza de fricción dinámica es menor que la fuerza de fricción estática, ($f_d < f_e$ ), como se ilustra en la figura 17.

En la figura 18 se representa como cambia la fuerza de fricción entre dos superficies cuando cambia la fuerza aplicada sobre el objeto que queremos poner en movimiento.

Si no hay fuerza aplicada sobre el objeto la fuerza de fricción o de rozamiento es cero, ($F_a$=$f$=0), como se esquematiza en Figura 17 a) y 18 a)

Cuando el objeto está en reposo, a medida que la Fuerza aplicada aumenta la fuerza de rozamiento aumenta ($\mathbf{F_a} = f_e$ ***y*** $f_e \leq \mu_e N$), como se observa en la figura 18. Esto sucede hasta que la fuerza de fricción alcanza su valor máximo ($f_{e\,MAX}$)

Una vez que el objeto se mueve la fuerza de fricción disminuye, ya que la $f_d$ es menor que $f_e$ . Si la fuerza aplicada se mantiene, actuará una fuerza neta y el objeto se acelerará. Figuras 17d y 18 d

Para que el objeto se mueva a velocidad constante la fuerza aplicada debe reducirse a $F_a$ = $f_d$, entonces, la fuerza neta será cero y el sistema se encontrará en equilibrio.

Tabla 1: Coeficientes de fricción estático y dinámico para diferentes materiales

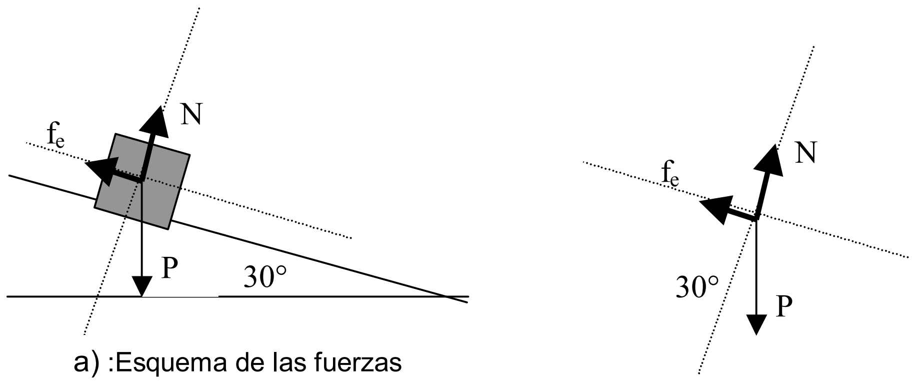
| MATERIALES | Coeficiente de fricción estático $\mu_e$ | de fricción dinámico $\mu_d$ |
|---|---|---|
| Acero sobre Acero | 0,70 | 0,60 |
| Latón sobre Acero | 0,50 | 0,40 |
| Cobre sobre hierro | 1,10 | 0,31 |
| Vidrio sobre Vidrio | 0,91 | 0,42 |
| Teflón sobre Teflón | 0,04 | 0,04 |
| Teflón sobre Acero | 0,04 | 0,04 |
| Caucho sobre hormigón(seco) | 1,00 | 0,80 |
| Caucho sobre hormigón (húmedo) | 0,30 | 0,25 |
| Esquí encerado sobre nieve | 0,10 | 0,05 |
| Madera sobre madera | 0,50 | 0,40 |

En algunos sistemas el movimiento se inicia aunque no empujemos el objeto, por ejemplo, cuando inclinamos la superficie en la que está apoyado el cuerpo. En este caso, es posible considerar que la componente de la fuerza peso en la dirección del movimiento produce el deslizamiento del objeto. Analicemos una situación semejante en un ejemplo numérico.

## Un ejercicio resuelto

**8) Sobre un plano inclinado 30°, se encuentra apoyado, sin deslizarse, un bloque de 2 kg.**
**a) Calcule la fuerza peso del bloque.**
**b) Calcule la fuerza de contacto o normal entre el bloque y la superficie**
**c) Calcule la fuerza de rozamiento que actúa sobre el bloque.**

**(Continúa Ejemplo de aplicación 8)**
a) Para calcular el peso del cuerpo debemos utilizar P = m.g por lo que el módulo de esta fuerza es P = 19,6 N.
b y c) Para calcular la fuerza de contacto y la fuerza de rozamiento entre la superficie y el bloque es conveniente realizar un esquema de las fuerzas que actúan en el bloque (Figura 19a) y el diagrama de cuerpo libre (Figura 19 b).




a) :Esquema de las fuerzas sobre el bloque.

b) Diagrama de cuerpo libre

Figura 19

Teniendo en cuenta este esquema, si descomponemos la fuerza peso en la dirección de las coordenadas x e y podemos expresar:

$P_x$ = P sen 30= 9.8N
$P_y$ = P cos 30 = 16.9N

Como el sistema está en equilibrio aplicamos la primera ley de Newton. Donde

$$\sum F_{\mathbf{x}} = 0$$
$$\sum F_{\mathbf{x}} = -f_e + P_x = 0$$
$$f_e = P_x$$

$$f_e = 9.8 \text{ N}$$

$$\sum F_{\mathbf{y}} = 0$$
$$\sum F_{\mathbf{y}} = N - P_y = 0$$
$$N = P_y$$

$$N = 16.9\text{N}$$

Por lo que el módulo de la fuerza de fricción estática es $f_e$ = 9.8 N y el módulo de la fuerza de contacto o Normal es N= 16.9N

### 3.4 Fuerza Elástica

Los resortes o muelles son dispositivos que suelen ser construidos con alambres enrollados en forma de espiral. Al comprimir o estirar un resorte, éste reacciona tratando de volver a su posición inicial, la fuerza ejercida por el resorte es el resultado de complicadas fuerzas moleculares, pero en la mayor parte de las aplicaciones basta una descripción empírica del comportamiento macroscópico del resorte.

Al cesar la fuerza aplicada, el resorte vuelve a recuperar la longitud original o natural, siempre que el desplazamiento no resulte lo suficientemente grande como para deformarlo. A este comportamiento, es decir a su capacidad de recuperar la posición inicial se lo denomina comportamiento elástico.

Experimentalmente se ha determinado que para valores pequeños de estiramiento ($\Delta x$) la fuerza ejercida por el resorte es aproximadamente proporcional a $\Delta x$ y de sentido opuesto a la fuerza que lo deforma. Esta relación, se conoce como Ley de Hooke y se puede escribir

$$\mathbf{F_x} = - k\,(\mathbf{x} - \mathbf{x_0})$$

$$\mathbf{F_x} = -k\,(\Delta\,\mathbf{x}) \qquad (22)$$

En donde k es la constante de estiramiento que depende del material con que está construido el resorte. La distancia **x** es la coordenada del extremo libre del muelle o de cualquier objeto ligado al resorte. La constante $\mathbf{x_0}$ es el valor de esta coordenada cuando sobre el resorte no actúa ninguna fuerza y en consecuencia el resorte está en posición de equilibrio (Ver figura 20 a).

El signo negativo de la ecuación indica que la $F_x$ tiene igual dirección y sentido opuesto al estiramiento $\Delta\,\mathbf{x}$ (Ver figura 20 b y c). Es decir, si el resorte se estira ($\Delta\,\mathbf{x}$ positivo), la fuerza $F_x$ es en dirección opuesta al estiramiento, como se muestra en la figura 20 b). Si el resorte se comprime ($\Delta\,\mathbf{x}$ negativo), $F_x$ tiene dirección opuesta a la comprensión, como se muestra en la figura 20c.

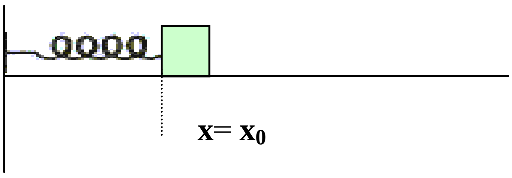



Figura 20 a

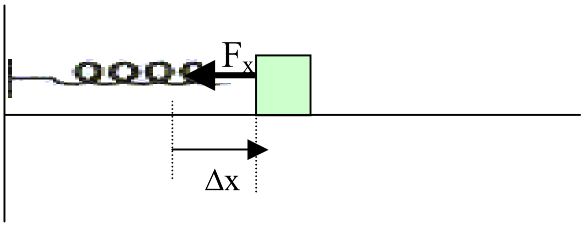



Figura 20 b

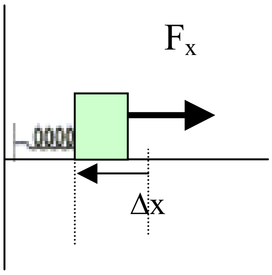
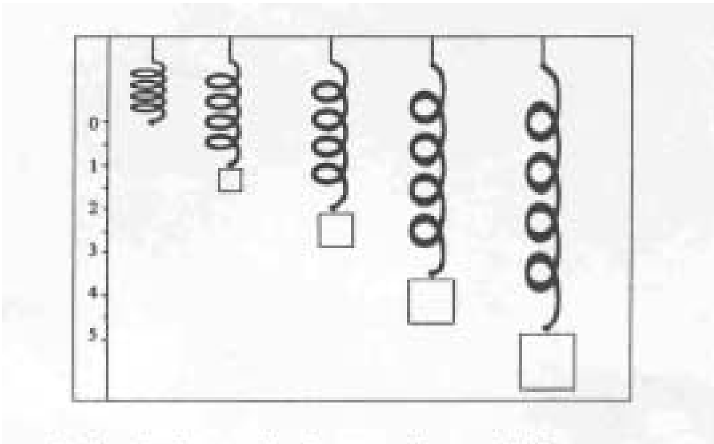



Figura 20 c

**Un ejercicio para resolver**

9- De un resorte de constante k= 2N/m se suspenden diferentes cuerpos. En la siguiente figura se representa el comportamiento del sistema.

X (cm )




a) Representar las fuerzas que actúan sobre los diferentes bloques. *(Recordar que representar una fuerza es dibujarla mediante un vector)*
b) ¿Las fuerzas que actúan sobre cada bloque constituyen un par acción-reacción?
c) ¿La fuerza que realiza el resorte sobre cada bloque (fuerza elástica) es constante? ¿Cuánto vale el módulo o intensidad de la fuerza elástica en cada caso?
d) Represente en una gráfica cualitativa la relación funcional entre el módulo o intensidad de fuerza elástica ($F_x$) y el estiramiento ( x).

## *Estrategias para resolver situaciones problemáticas*

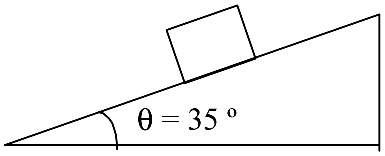
## *Aplicando las leyes de Newton en sistemas donde actúen diferentes tipos de fuerzas*

*Para abordar problemas que representan situaciones donde actúan diversos tipos de fuerzas y que requieren la aplicación de las leyes de Newton se recomiendan algunos procedimientos generales:*

- *Dibujar un diagrama sencillo y claro del sistema que se analiza.*
- *Dibujar un diagrama de cuerpo libre para ese sistema, es decir, un esquema donde se muestre el objeto que se está analizando y todas las fuerzas que actúan sobre él.*
- *Considerar las características particulares (dirección, módulo, sentido) de las diversas fuerzas que actúan en el sistema estudiado, al realizar el diagrama.*
- *Establecer los ejes de coordenadas correspondientes para el sistema y determinar las componentes de las fuerzas a lo largo de cada eje.*
- *Analizar el sistema y determinar que ley se puede utilizar para encontrar la solución a la situación planteada. De este modo se encontrarán las ecuaciones que se pueden emplear para determinar la magnitud de interés.*
- *Si se deben resolver ecuaciones, comprobar las unidades y, en caso necesario, hacer las conversiones de unidades correspondientes.*
- *Analizar el resultado para evaluar su pertinencia.*

## Ejercicios para resolver

**1.- *Un cuerpo de 50 kg se ubica sobre un plano inclinado, como se muestra en la figura. Cuando la inclinación del plano es de 35º el bloque empieza a deslizarse*.**

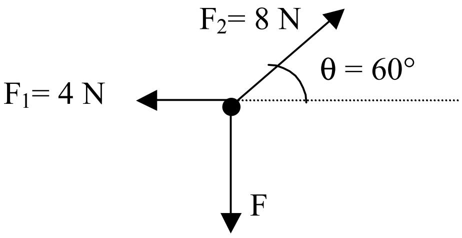



*Calcule* y *represente* en la figura:

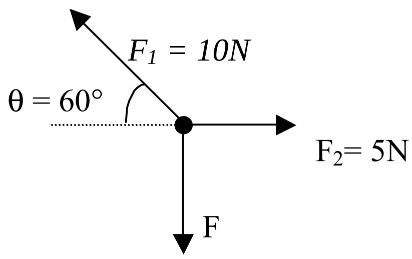
a) La fuerza de contacto ejercida por la superficie del plano sobre el cuerpo.
b) La fuerza de roce ejercida por la superficie del plano sobre el cuerpo.
c) El coeficiente de rozamiento entre la superficie del plano y el bloque.

**2.- *Calcule* el valor de la fuerza F en cada uno de estos sistemas en equilibrio.**

**Sistema I**




**Sistema II**



**3. *Algunas preguntas* para analizar las características de diferentes tipos de fuerzas:**

*Fuerza de gravedad o Fuerza peso (**P**):*

a) ¿Por la interacción entre que cuerpos se produce la fuerza peso?
b)¿Cómo se determina el módulo o intensidad de la fuerza peso?¿Cuál es su dirección y sentido?.
c) ¿Cómo se representaría la fuerza peso en los siguientes objetos apoyados?

*Fuerza de contacto o Normal (**N**)*

a) ¿ Para qué exista ésta interacción los cuerpos deben estar en contacto?
b) Si Ud. tiene una caja apoyada sobre una superficie horizontal ¿cómo determinaría el módulo o intensidad de la fuerza de contacto? (recuerde que el sistema esta en equilibrio)
c) ¿Qué dirección tiene la fuerza de contacto?
d) Si Ud. ahora inclina la superficie en donde apoya la caja, el módulo de la fuerza de contacto cambia?.
e) Si se aplica una fuerza externa en forma vertical hacia abajo a la caja, la fuerza de contacto cambiará?
f) Si se aplica una fuerza externa en forma vertical hacia arriba a la caja, Ud. cree que la fuerza de contacto cambiará? (recuerde que el sistema esta en equilibrio)

*Fuerza de rozamiento ($f_e$ o $f_d$)*

a) ¿Cuándo surge esta fuerza? y ¿Por la interacción de qué cuerpos se produce la fuerza de rozamiento?
b) ¿Cómo se determina el módulo de la fuerza de rozamiento, para un objeto que se le aplica una fuerza y permanece en reposo?
c) ¿Cómo se determina el módulo de la fuerza de rozamiento, para un objeto que se mueve?
d) ¿La fuerza de rozamiento está presente en todo los sistemas?

*Fuerzas elásticas en un resorte ($F_x$)*

a) ¿ Qué modulo y qué dirección tiene la fuerza elástica ?
b) ¿ De qué característica del resorte depende la fuerza elástica ($F_x$)?
c) ¿La $F_x$ es una fuerza variable? ¿Con qué varía?

**4.-** Un bloque de madera de 20 kg colocado sobre una mesa también de madera se "dispone a deslizar", cuando se le aplica una fuerza horizontal de 5N. ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento estático entre el bloque y la mesa?

**5.-** Ana desea mover un armario de 40 kg aplicando una fuerza como se representa en la figura 21

a) ¿Con qué intensidad debe empujar para mover el mueble?

b) Si Ana mantiene una fuerza horizontal de 280 N una vez que el mueble se mueve, ¿cuál es la magnitud de la aceleración?

*(Buscar los coeficientes de fricción entre el mueble de madera y el piso de madera en Tabla 1 en el texto)*

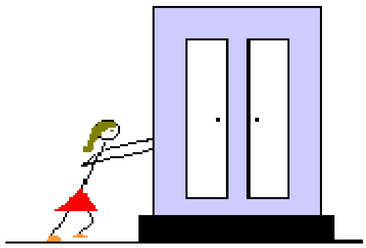


Figura 21

**6.-** Juan arrastra un cajón de latón de 25 kg, que está inicialmente en reposo, ejerciendo una fuerza de 200 N con una dirección de 30° respecto a la horizontal, como se muestra en la figura 22. Calcule la fuerza neta que actúa sobre el cajón.

*(Buscar los coeficientes de fricción entre el cajón y el piso de acero en Tabla 1 en el texto)*

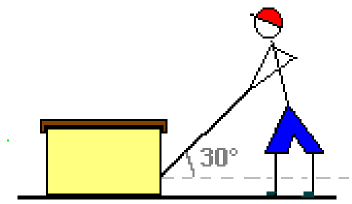
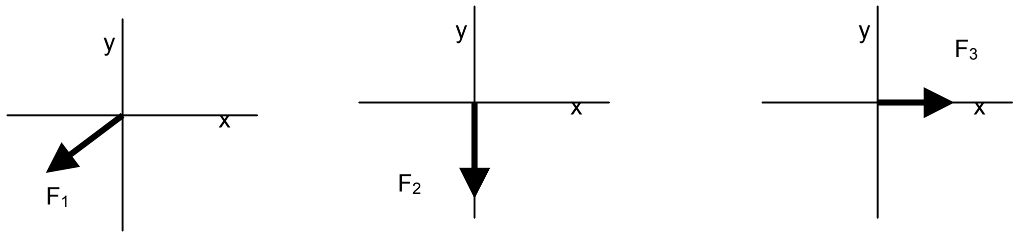



Figura 22

## PROBLEMAS DE AUTOEVALUACIÓN

1- Analizar las diferentes fuerzas representadas en los siguientes sistemas de coordenadas perpendiculares y responder

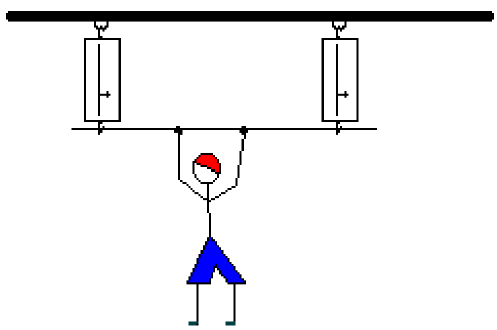



a) ¿Todas las fuerzas tienen componente en el eje y?
b) ¿Algunas de estas fuerzas tiene componente en el eje x igual a cero?

2- Si la componente de una fuerza en el eje x es diferente de cero, ¿puede la fuerza **F** ser cero?

3- Sobre un sistema actúan dos fueras $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$. La suma de estas dos fuerzas es igual a cero ($\mathbf{F_1}+\mathbf{F_2}=0$). Sugiera diferentes situaciones en las que se cumpla esta condición.

4- Luciano tiene un peso de 64 N y se sostiene de una varilla sujeta a dos dinamómetros, de tal forma que el sistema niño-varilla está en reposo, es decir, en equilibrio.



a) ¿Qué valor indicará cada dinamómetro?
b) Ahora se le cuelga un monito a la pierna izquierda de Luciano, produciendo un cambio en lo que indican los dinamómetros. La nueva indicación en cada dinamómetro es de 55 N
Calcular el peso del monito.

5- Un cartel de 3 kg cuelga en el pasillo del Departamento de Física como se muestra en la figura 1. $T_1$ y $T_2$ representan las tensiones que realizan las cuerdas que sostienen al cartel. ¿Cuál es el módulo de las fuerzas $T_1$ y $T_2$ que sostienen al cartel?

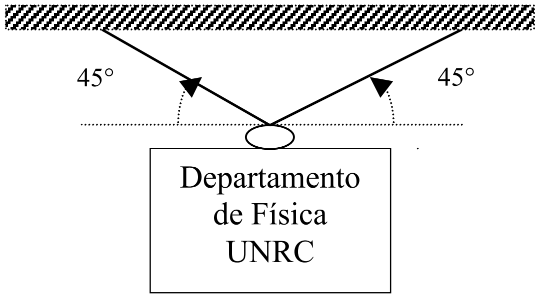



Figura 1

6- Se patea un objeto que inicialmente está en reposo sobre una superficie horizontal rugosa. El objeto se desliza hasta detenerse. Indique cuál o cuáles de las siguientes situaciones representan las fuerzas *horizontales* que actúan sobre el objeto cuando:

a) El objeto está en movimiento después de la patada.
b) El objeto se detuvo.


7- Un albañil debe bajar ladrillos desde el techo de una vivienda, para lo cual coloca un tablón con una inclinación de 28º con respecto a la horizontal y pone una columna de ladrillos (30kg) sobre la madera, pero ocurre que éstos no se mueven.

a) ¿Por qué no se mueven los ladrillos? ¿Cuál es la fuerza neta sobre los ladrillos? ¿Cuál es el módulo de la fuerza de contacto y de rozamiento sobre los ladrillos?
b) Proponga modificaciones en el sistema para que el albañil logre deslizar los ladrillos.

## Posibles respuestas a los problemas de autoevaluación

En esta sección se presentan algunos resultados numéricos, diversos esquemas y la discusión de algunas situaciones problemáticas que ayudan a reflexionar sobre la resolución de las diferentes actividades.

En los ejercicios 1, 2 y 3 se aborda el concepto de fuerza como magnitud vectorial. Para dar respuesta a los mismos es necesario conocer y comprender qué propiedades caracterizan a una magnitud vectorial, cómo se representa y cómo se opera con este tipo de magnitudes. A modo de ejemplo se sugiere una posible resolución para el problema 3.

Problema 3- Para que la suma de $\mathbf{F_1}$ **y** $\mathbf{F_2}$ sea igual a cero, **(** $\mathbf{F_1}$ + $\mathbf{F_2}$**) =** 0, se debe cumplir que las componentes $F_{1x}$ y $F_{2x}$ tengan igual módulo y sentido contrario. Lo mismo debe cumplirse para las componentes $F_{1y}$ y $F_{2y}$. Es decir los vectores $\mathbf{F_1}$ **y** $\mathbf{F_2}$ deber tener igual módulo, igual dirección y sentido opuesto.

En los problemas 4 y 5 se plantean situaciones en las que el sistema a estudiar está en equilibrio (es decir, que la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es igual a cero), por lo tanto su resolución requiere la aplicación de la primera ley de Newton. Para facilitar su análisis se sugiere realizar un esquema con las fuerzas que actúan sobre el sistema (diagrama de cuerpo libre) como los presentados a continuación en las figuras 1 y 2, haciendo concurrir todas las fuerza en un punto.

En particular en el problema 4, inciso a), se puede suponer que ambos dinamómetros marcan igual módulo como se esquematiza en la Figura 1

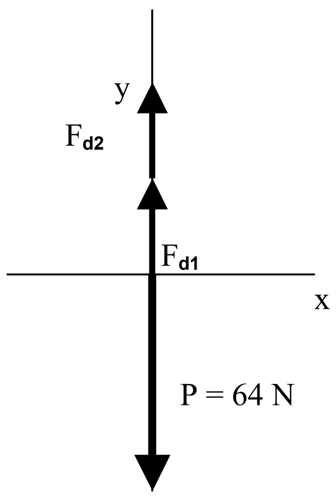



Figura 1

$$F_{d1} = F_{d2} \quad \textbf{(1)}$$

Además, como el sistema está en equilibrio

$$\Sigma\, \mathbf{F_y} = 0 \quad \textbf{(2)}$$

$$F_{d1} + F_{d2} - P = 0 \quad \textbf{(3)}$$

A partir de las ecuaciones (1) y (2) podemos escribir

$$2\, F_{d1} - P = 0 \quad \textbf{(4)}$$

resolviendo la ecuación (4) obtenemos el módulo de $F_{d1}$ = $F_{d2}$ = 32N

En el caso b) la resolución es similar a la anterior. Es conveniente realizar nuevamente el esquema de cuerpo libre teniendo en cuenta que actúa una cuarta fuerza, el peso del monito y que el peso de Luciano es **P** = 64N. Al realizar el cálculo numérico se obtiene que el peso del monito es de 46 N.

Para el problema 5, las fuerzas que actúan sobre el cartel se pueden esquematizar como en la figura 2. Las fuerzas $T_1$ y $T_2$ tienen componentes en ambos ejes. Para facilitar la resolución es necesario descomponer cada una de ellas en las direcciones x,e,y . El valor de las componentes es:

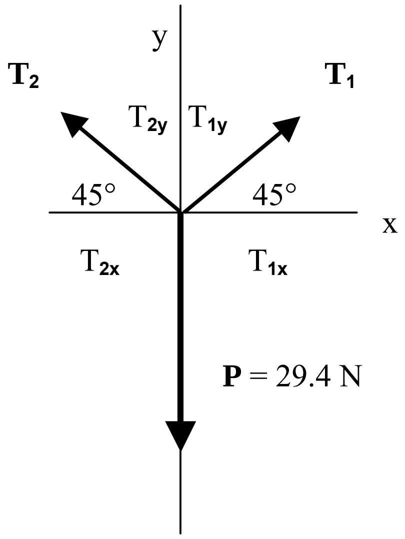


Figura 2

$T_{1x} = T_1 \cos 45°$
$T_{1y} = T_1 \operatorname{sen} 45°$

$T_{2x} = T_2 \cos 45°$
$T_{2y} = T_2 \operatorname{sen} 45°$

Como el sistema está en equilibrio, la suma de todas las fuerzas en cada eje es igual a cero (Primera ley de Newton)

En el eje x

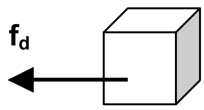
$$T_{1x} - T_{2x} = 0$$
$$T_{1x} = T_{2x}$$
$$T_1 \cos 45° = T_2 \cos 45°$$
$$T_1 = T_2$$

En el eje y

$$T_{1y} + T_{2y} - P = 0$$
$$T_1 \operatorname{sen} 45° + T_2 \operatorname{sen} 45° = P$$
$$2T_1 \operatorname{sen} 45° = P$$

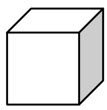
Resolviendo este sistema de ecuaciones se encuentra la intensidad de la fuerza que realiza cada cuerda. $T_1 = T_2 = 21N$

Para resolver el problema 6 es conveniente analizar la grafica de la figura 18 (correspondiente al Capítulo 3 "*Las Fuerzas en la Naturaleza*" del material propuesto). Las fuerzas que actúan respectivamente sobre el objeto cuando éste está en movimiento y después que se detuvo, se pueden esquematizar como:



El objeto está en movimiento

ninguna fuerza horizontal


El objeto se detuvo

Para analizar el problema 7 podemos realizar el siguiente diagrama de fuerzas, Figura 3 a), y el correspondiente diagrama de cuerpo libre, Figura 3 b)

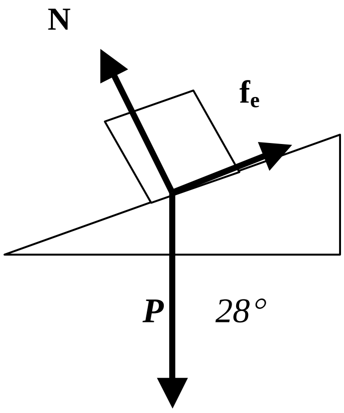



Figura 3a) Esquema de las fuerzas sobre la columna de ladrillos

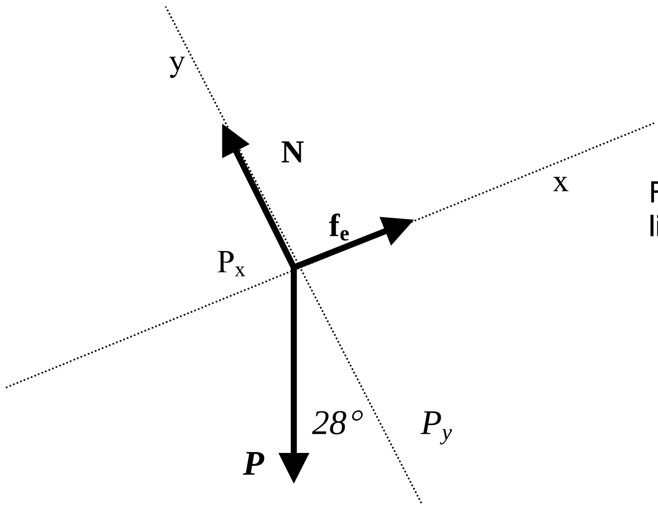



Figura 3 b) Diagrama de cuerpo libre

Sobre el sistema estudiado actúan tres fuerzas **P**, **N**, $\boldsymbol{f_e}$

Para calcular la intensidad de la fuerza peso utilizamos su definición, **P** = m.**g**. El valor de módulo obtenido es P = 294 N.

Las componentes del peso en las direcciónes de x e y son:

$$Px = P \text{ sen } 28$$
$$Py = P \cos 28$$

En el ítem a) el sistema está en equilibrio. Aplicando la primera ley de Newton en ambos ejes podemos escribir

$$\sum F_{\mathbf{x}} = 0 \qquad \sum F_{\mathbf{y}} = 0$$
$$\sum F_{\mathbf{x}} = f_e - P_x = 0 \qquad \sum F_{\mathbf{y}} = N - P_y = 0$$

Resolviendo estas ecuaciones es posible calcular el módulo de la fuerza de fricción ($f_e$= 138N) y de la fuerza de contacto o normal (N= 260 N) y responder los diferentes interrogantes.
Para responder el ítem b) es conveniente analizar la gráfica de la figura 18 (correspondiente al Capítulo 3 "*Las Fuerzas en la Naturaleza*" del material). referida a la variación de la fuerza de fricción con la fuerza aplicada el sistema.

# BIBLIOGRAFÍA

Aragundi, E y A. Gutiérrez 1997 “Ciencias Naturales” 9 E.G.B. Kapelusz. Argentina .

Brochetta, V1976 “Física Biológica. Física Aplicada a la Farmacia y a la Biología”Bibl. De la Universidad Nacional de Córdoba.

Cromer, A 1982 “Física para las Ciencias de la Vida”. Reverté. México.

Kane, J y M.Sternheim. 1987 “Física “ Reverté. España.

Mac Donald, D 1978 “Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud “. F.E. Interamericano.

Maistegui, A y A. Sabato 1988 “Física I, Introducción a la Física”. Kapelusz. Bs. As.

Marion, J 1979 “General Physics with Bioscience Essays” Wiley. EE.UU.

Robinson, P. 1998 “Física Conceptual, Manual de Laboratorio” Addison Wesley Longman. México.

Serway, R. 1997. “Física “. Mc Graw Hill. México.

Strother, G.K. 1980 “Física Aplicada a las Ciencias de la Salud”. Mc Graw Hill.

Tipler, P 1994 “Física “ Reverté. España.

Wilson, J 1998. “Física “. Prentice may Hispanoamericana.México.