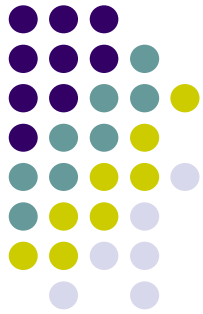


# PARTE 1. MECÁNICA

<http://enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/>



# PARTE 1. MECÁNICA

La mecánica es el estudio de las condiciones que hacen que los objetos permanezcan en reposo (**estática**) y de las leyes que rigen su movimiento (**dinámica**).

## Mecánica

**Estática:** estudia los cuerpos en reposo

**Cinemática:** describe los tipos de movimiento.

**Dinámica:** explora las causas del movimiento



Arquímedes  
(287aC 222aC)

## Bolilla 1: Medidas - Vectores

### 1.1 Medidas - Patrones - Sistemas de unidades

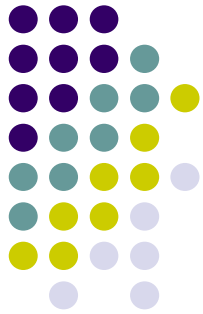
**Medir** una **magnitud física** es encontrar la razón entre su valor y el de alguna unidad para esta Magnitud. Es expresar en números el resultado del fenómeno que se estudia.

**Patrones de medida** son referencias usadas para calibrar instrumentos de medida.



Leonardo da Vinci  
(1452 - 1519)

| Magnitud | Unidad           | Patrón                               |
|----------|------------------|--------------------------------------|
| Longitud | 1 metro (m)      | Longitud de onda rojo-amarillo kr86  |
| Masa     | 1 kilogramo (kg) | Kilogramo patrón de platino e iridio |
| Tiempo   | 1 segundo (s)    | 1/86400 del día solar medio (1900)   |



# Unidades

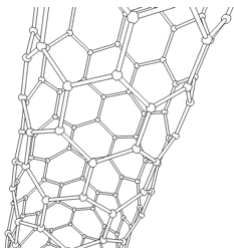
## Sistema de Unidades:

**Internacional, MKS:** *metro, kilogramo, segundo*

**CGS:** *centímetro, gramo, segundo*

## Prefijos para definir múltiplos de una unidad:

| Fracción   | Prefijo | Símbolo   | Ejemplo            |
|------------|---------|-----------|--------------------|
| $10^{-18}$ | atto    | <b>a</b>  |                    |
| $10^{-15}$ | femto   | <b>f</b>  |                    |
| $10^{-12}$ | pico    | <b>p</b>  |                    |
| $10^{-9}$  | nano    | <b>n</b>  | 1 ns = $10^{-9}$ s |
| $10^{-6}$  | micro   | <b>μ</b>  |                    |
| $10^{-3}$  | mili    | <b>m</b>  | 1 mm = $10^{-3}$ m |
| $10^{-2}$  | centi   | <b>c</b>  |                    |
| $10^{-1}$  | deci    | <b>d</b>  |                    |
| 10         | deca    | <b>da</b> |                    |
| $10^2$     | hecto   | <b>h</b>  |                    |
| $10^3$     | kilo    | <b>k</b>  | 1 kg = $10^3$ g    |
| $10^6$     | mega    | <b>M</b>  |                    |
| $10^9$     | giga    | <b>G</b>  |                    |
| $10^{12}$  | tera    | <b>T</b>  |                    |

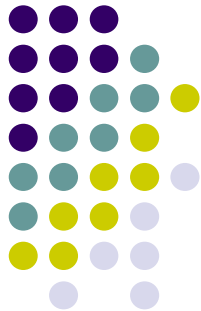


Nanotubo de Carbono

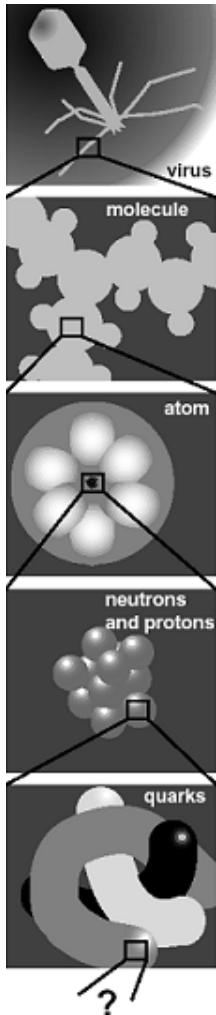
### Nota: La nanotecnología

*Es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de **átomos** y **moléculas**.*

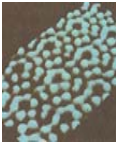
*Las nanotecnologías prometen beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas nuevas o más eficientes a soluciones de problemas ambientales y muchos otros.*



# Longitud – Tiempo - Masa



| Longitudes representativas en metros |                      | Tiempos representativos en segundos         |                                 |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| Núcleo atómico                       | $10^{-15}$           | Fenómenos nucleares                         | $10^{-23} - 10^{-10}$           |
| Diámetro del átomo de sodio          | $10^{-11}$           | Fenómenos atómicos                          | $10^{-15} - 10^{-9}$            |
| Diámetro del DNA                     | $2 \times 10^{-9}$   | Fenómenos químicos                          | $10^{-9} - 10^{-6}$             |
| Espesor de una membrana celular      | $10^{-8}$            | Contracción rápida de un músculo (parpadeo) | $10^{-1}$                       |
| Diámetro de un virus pequeño         | $2 \times 10^{-8}$   | División celular rápida                     | $5 \times 10^2$                 |
| Diámetro de una bacteria pequeña     | $2 \times 10^{-7}$   | Tiempo de generación de una bacteria        | $3 \times 10^3$                 |
| Diámetro de una ameba grande         | $2 \times 10^{-4}$   | Tiempo de generación de un protozoo típico  | $10^5$                          |
| Rata                                 | $10^{-1}$            | Tiempo de generación de un mamífero pequeño | $4 \times 10^7$                 |
| Hombre                               | $1-2 \times 10^0$    | Vida media de un mamífero grande            | $4 \times 10^8 - 4 \times 10^9$ |
| Ballena azul                         | $3 \times 10^1$      | Vida media de un lago                       | $10^{10} - 10^{12}$             |
| Diámetro de la Tierra                | $1,3 \times 10^7$    | Era de los mamíferos                        | $3 \times 10^{15}$              |
| Distancia Tierra-Sol                 | $1,3 \times 10^{11}$ | Era de los vertebrados                      | $10^{16}$                       |
| Diámetro de nuestra galaxia          | $10^{22}$            | Edad de la vida                             | $> 10^{17}$                     |
| Distancia a las galaxias mas lejanas | $10^{28}$            | Edad de la Tierra                           | $2 \times 10^{17}$              |



**$10^{-10}$  m**  
 Átomos de silicio



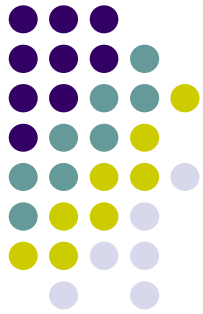
**$10^{-5}$  m**  
 Globulo rojo



**$10^7$  m**  
 La Tierra



**$10^{21}$  m**  
 Galaxia de Andromeda



## 1.2 Errores: sistemáticos y casuales. Precisión

El **error** representa la incertidumbre en el conocimiento de una medida.

Todas las medidas están sujetas a **errores**.

La determinación del error es tan importante como la medida misma.

Mientras menor es el error más **precisa** es la medida.

El límite en la **precisión** está dado por el equipo con el que se mide y por la habilidad del experimentador.



### **Algunos conceptos relacionados con errores:**

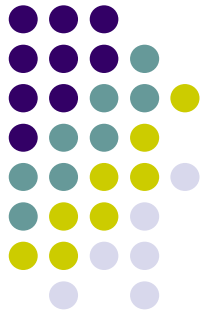
**a) Resolución:** Es la mínima división de la escala del aparato

**b) Precisión:** Es la característica que nos indica globalmente el error debido al umbral de sensibilidad y la falta de fidelidad del aparato.

**c) Exactitud:** es la cualidad que indica que un instrumento es preciso y está bien calibrado. La exactitud está siempre limitada por la precisión del instrumento.

**d) Fidelidad:** Es la cualidad del instrumento de dar el mismo resultado siempre que se mide la misma magnitud física en las mismas condiciones experimentales y distintas condiciones ambientales del aparato (temperatura, humedad ambiente, etc.).

**e) Sensibilidad:** es el número de divisiones de la escala del instrumento cuando la magnitud a medir varía en una unidad. Ejemplo:  $1 \text{ mm}^{-1}$  en la regla milimetrada. El **umbral de sensibilidad** es la variación mínima de la magnitud que no es apreciada por el aparato (es menor que la resolución).



## Error absoluto – Error relativo – Error relativo porcentual

En cada medida  $X$  se comete el error  $\Delta X$  que depende del instrumento, del observador o de otros factores. Si  $X_v$  representa el valor verdadero de la magnitud (desconocido) y  $X$  el valor medido, entonces:

$$\Delta X = | X_v - X | \quad \text{es el **error absoluto**}$$

La medida se expresa como  $X \pm \Delta X$

El cociente  $\mathcal{E} = \frac{\Delta X}{X}$  se denomina **error relativo**

El **error relativo porcentual** es:  $\mathcal{E}\% = \frac{\Delta X}{X} 100 = \mathcal{E} 100$

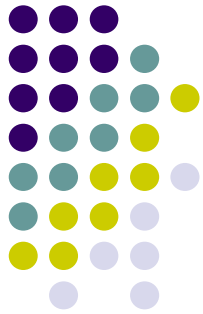
### **Nota.**

a- Los errores se deben dar solamente con una única cifra significativa, (en casos excepcionales con dos).

b- La última cifra significativa en el valor de una magnitud física y en su error deben de corresponder al mismo orden de magnitud (centenas, decenas, unidades, etc).

**Ejemplo:** midiendo una longitud  $L$  de 22 mm con una regla milimetrada, cometemos un error de  $\Delta L = 1$  mm (error absoluto). La medida se expresa:  $L = 22 \pm 1$  mm. El error relativo es  $1/22 = 0,045$  y el error relativo porcentual es del 4,5%.

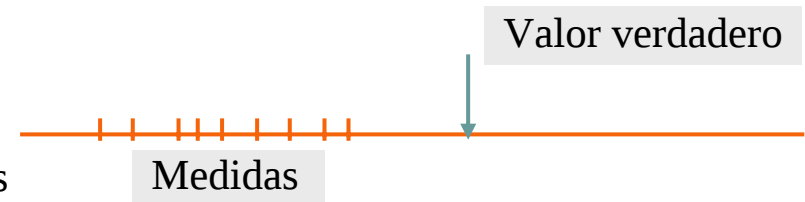
Tanto el error porcentual como el relativo porcentual son magnitudes adimensionales (carecen de unidad); tienen la ventaja de permitir comparar entre sí, errores de distintas medidas utilizando diferentes métodos y/o instrumentos de medición.



## Clasificación de errores

**Errores Sistemáticos:** asociados al instrumento con el cual se está midiendo o bien con el método de medición

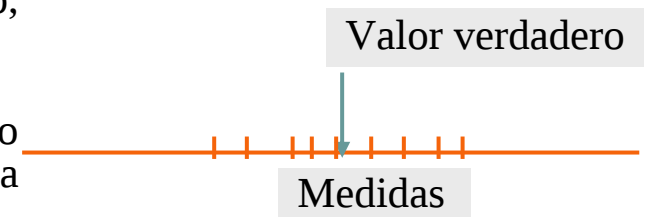
- ✓ Error de cero
- ✓ Error de paralaje.
- ✓ Calibración defectuosa del equipo.
- ✓ Construcción defectuosa del equipo.
- ✓ Errores introducidos por condiciones inadecuadas de trabajo.
- ✓ Errores cometidos por el observador.



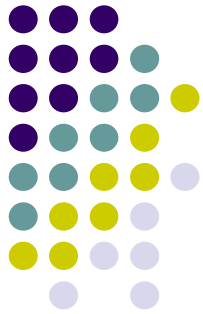
Afectan a la magnitud medida en idéntica proporción, es decir, o siempre por exceso o siempre por defecto

**Errores Casuales:** atribuyen a factores imprevistos como pequeñas variaciones de las condiciones de medición o bien del observador

- ✓ Variación de las condiciones de trabajo (presión, atmosférica, temperatura, etc.)
- ✓ Errores atribuibles al observador (distracción, cansancio, errores de cálculo, etc.)
- ✓ Errores generados por causas desconocidas.
- ✓ Errores de estimación cometidos por el observador cuando debe “leer” una fracción de la división más pequeña de la escala del instrumento.



Obedecen a leyes de carácter estadístico, a ellos refiere la teoría estadística de los errores.



## Medidas directas y Medidas indirectas

**Medida directa:** es la operación de lectura de un instrumento aplicado a medir cierta longitud

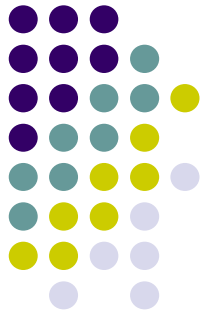
**Medida indirecta:** es el resultado de aplicar una ecuación matemática que relaciona la magnitud que se desea medir con otras magnitudes que se miden en forma directa

El error en una medida indirecta se obtiene a partir del error de las medidas directas asociadas considerando la **propagación del error**.

### Ecuaciones para propagación de errores

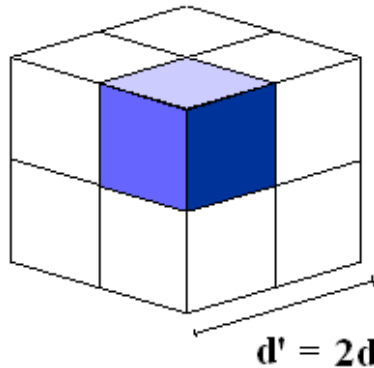
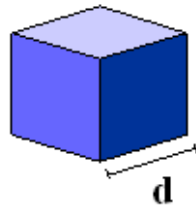
Sean:  $X = X_0 \pm \Delta X$  e  $Y = Y_0 \pm \Delta Y$  dos medidas directas y sus errores absolutos.  $Z$  es la medida indirecta. Los errores absolutos y relativos de  $Z$  ( $\Delta Z$  y  $\epsilon Z$ ) se determinan según el caso, del siguiente modo:

|                 |                 |                                                                |                                        |
|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Adición:        | $Z = X + Y$     | $\Delta Z = \Delta X + \Delta Y$                               |                                        |
| Sustracción:    | $Z = X - Y$     | $\Delta Z = \Delta X + \Delta Y$                               |                                        |
| Multiplicación: | $Z = X \cdot Y$ | $\Delta Z = Y_0 \cdot \Delta X + X_0 \cdot \Delta Y$           | $\epsilon Z = \epsilon X + \epsilon Y$ |
| División:       | $Z = X : Y$     | $\Delta Z = (Y_0 \cdot \Delta X + X_0 \cdot \Delta Y) / Y_0^2$ | $\epsilon Z = \epsilon X + \epsilon Y$ |
| Potenciación    | $Z = X^n$       | $\Delta Z = n \cdot X_0^{n-1} \Delta X$                        | $\epsilon Z = n \cdot \epsilon X$      |



## 1.3 Escala. Leyes de Escala

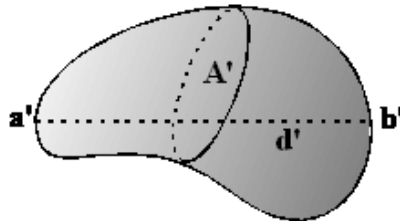
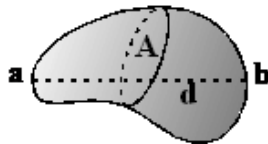
**Principio de Semejanza (Arquímedes):** En figuras geométricas semejantes, la superficie es proporcional al cuadrado de la dimensión lineal, mientras el volumen lo es al cubo de la misma.



**Factor de escala**  $\rightarrow L = \frac{d'}{d}$

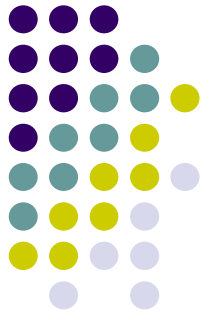
**Superficie**  $\rightarrow \frac{A'}{A} = \left(\frac{d'}{d}\right)^2 = L^2$

**Volumen**  $\rightarrow \frac{V'}{V} = \left(\frac{d'}{d}\right)^3 = L^3$

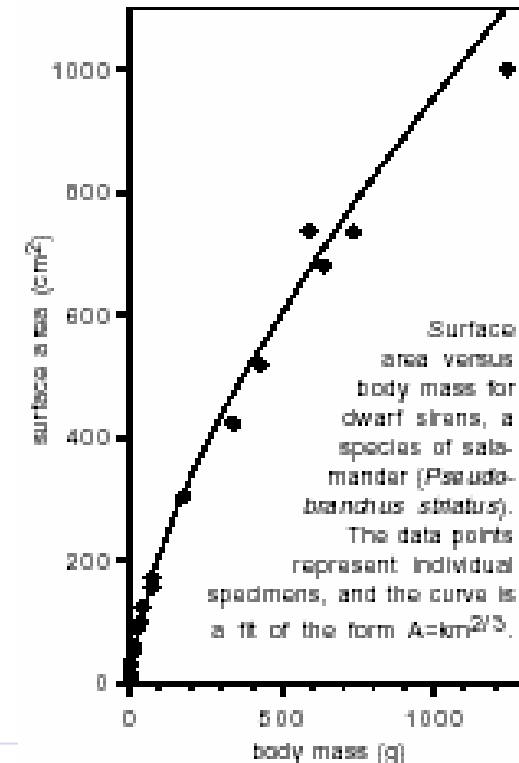
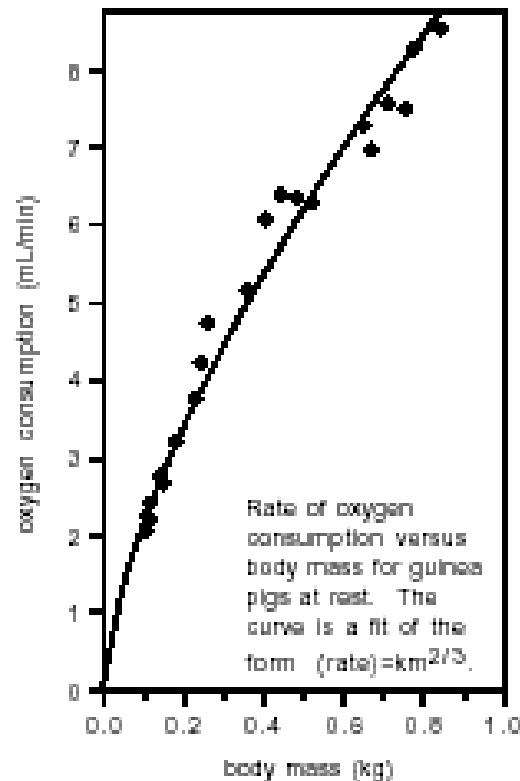
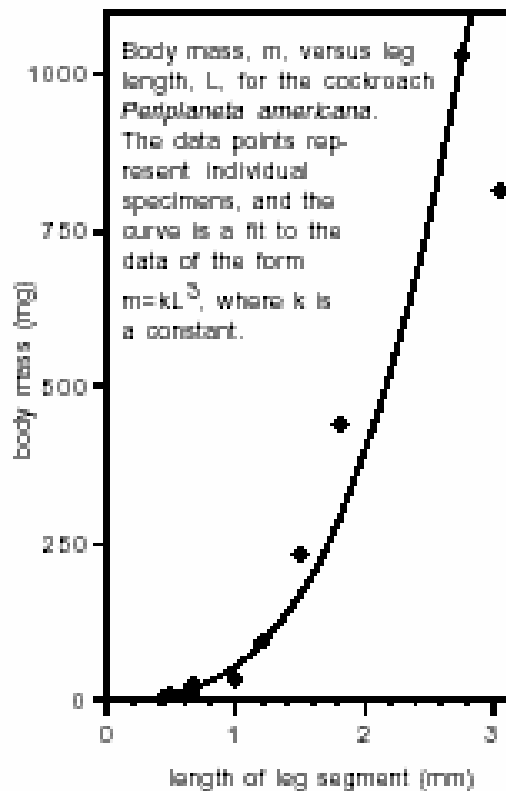
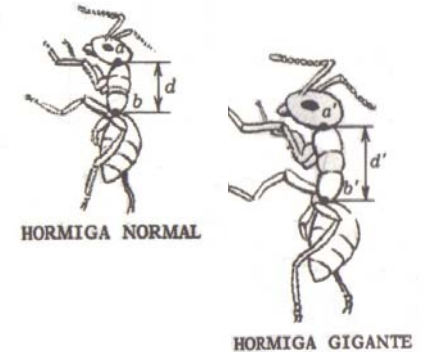


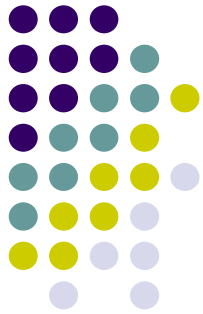
### Leyes de Escala

1. La relación entre los pesos de dos cuerpos semejantes es proporcional a la relación entre sus volúmenes, por lo tanto lo es a  $L^3$ .
2. La relación entre la fuerza máximas de animales semejantes es proporcional al área de la sección transversal de sus músculos, por lo tanto lo es a  $L^2$ .



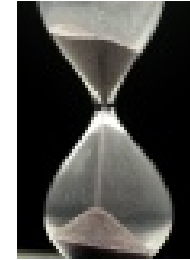
3. La relación entre la fuerzas relativas máximas (fuerza máxima/ peso) de animales semejantes (Área/Peso) es proporcional a  $1/L$  ( $L^{-1}$ ).
4. La relación entre las necesidades alimentarias de animales del mismo género es proporcional a la relación entre sus masas, por lo tanto lo es a  $L^3$ . (Observaciones demuestran que lo es a  $L^2$ ).



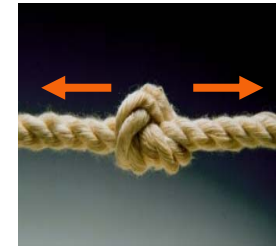


## 1.4 Magnitudes Escalares y Vectoriales

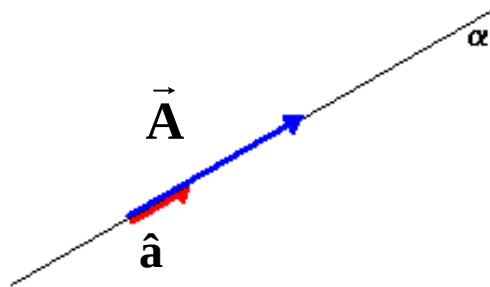
**Escalares:** su medida queda determinada por un número. Ejemplos: tiempo, masa, volumen, temperatura.



**Vectoriales:** su medida se determina por su módulo (magnitud), su dirección y su sentido. Ejemplos: desplazamiento, velocidad, fuerza.



## 1.5 Vectores



Un **Vector**,  $\vec{A}$ , es un segmento orientado. Queda especificado por:

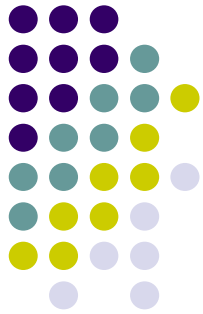
**Módulo:** expresa la longitud,  $|\vec{A}| = A$

**Dirección:** es la recta  $\alpha$  sobre la que se encuentra (línea de acción).

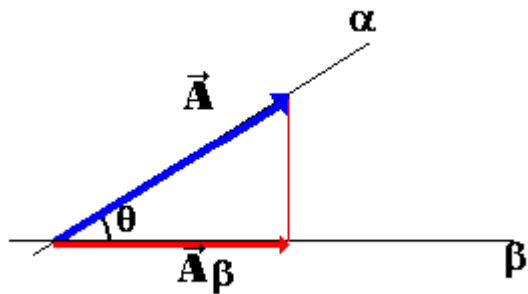
**Sentido:** indica la orientación sobre la recta  $\alpha$

$\hat{a}$ : versor (vector unitario,  $|\hat{a}| = 1$ ).

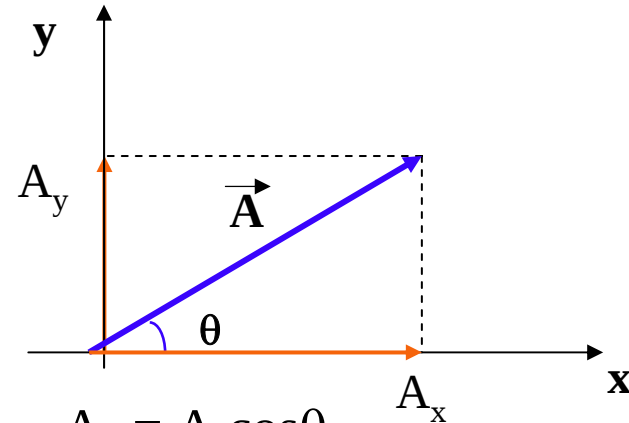
$$\vec{A} = A\hat{a} \text{ notación vectorial}$$



## - Descomposición vectorial



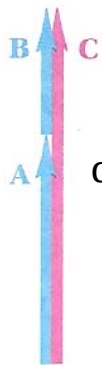
$$A_{\beta} = A \cos\theta$$



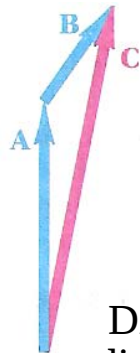
$$A_x = A \cos\theta$$

$$A_y = A \sin\theta$$

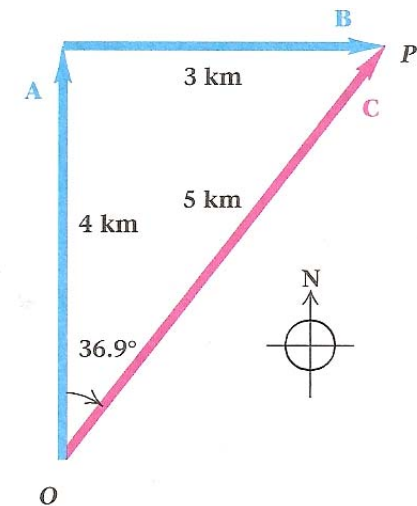
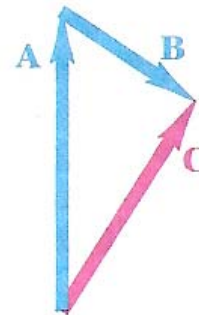
## - Suma de Vectores

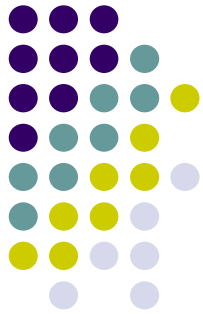


Igual  
dirección



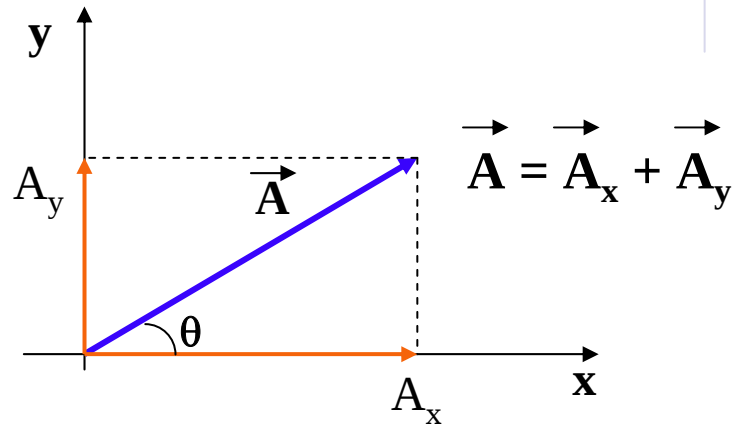
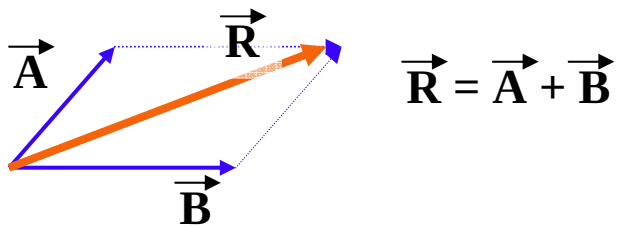
Distinta  
dirección





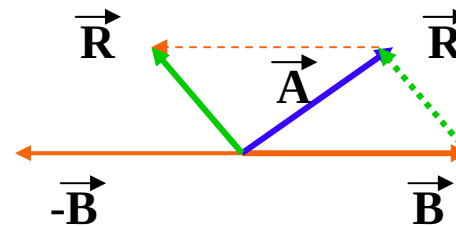
## Suma gráfica de vectores

### a) Regla del paralelogramo

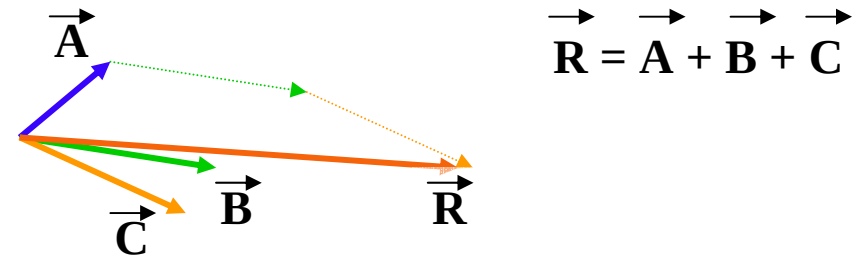


### - Resta de Vectores

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

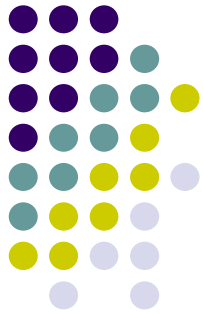


### b) Regla poligonal

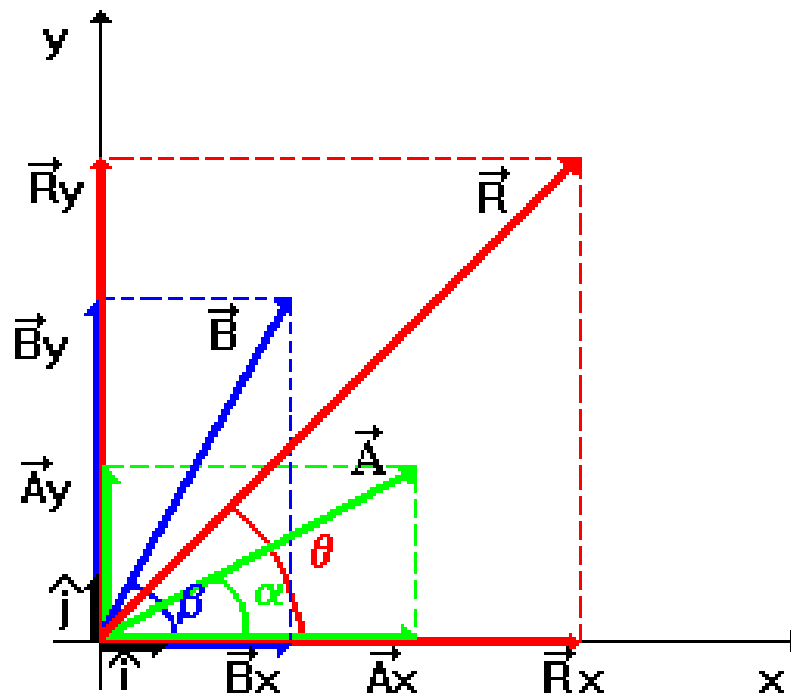


*Animación suma de vectores*

[http://www.walter-fendt.de/ph14s/resultant\\_s.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14s/resultant_s.htm)



## - Suma analítica de vectores



$$\begin{aligned} A_x &= A \cos \alpha \\ A_y &= A \sin \alpha \end{aligned} \quad \left| \quad \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} \right.$$

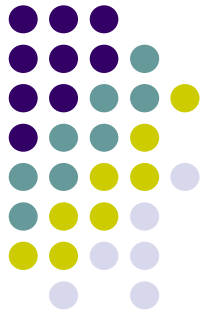
$$\begin{aligned} B_x &= B \cos \beta \\ B_y &= B \sin \beta \end{aligned} \quad \left| \quad \vec{B} = B_x \hat{i} + B_y \hat{j} \right.$$

$$\begin{aligned} \vec{R} &= \vec{A} + \vec{B} \\ \vec{R} &= R_x \hat{i} + R_y \hat{j} \end{aligned}$$

$$R_x = A_x + B_x; \quad R_y = A_y + B_y$$

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

$$\theta = \arctang(R_y/R_x)$$



# Multiplicación

- Producto de un vector por un escalar

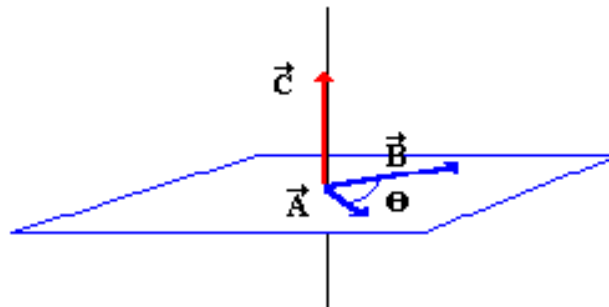
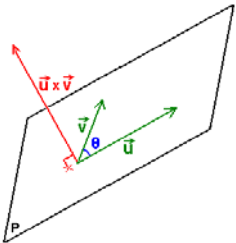
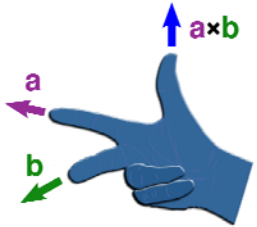
$$c\vec{A} = c(A\hat{r}) = (cA)\hat{r}$$

- Producto escalar de vectores

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A B \cos \theta \quad (\theta \text{ es el ángulo entre } \vec{A} \text{ y } \vec{B})$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y$$

- Producto vectorial



$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$C = AB \sin \theta$$

dir.  $\vec{C}$ : recta perpendicular al plano generado por A y B.

sent.  $\vec{C}$ : regla del tornillo.

