Conceptos básicos

Magnitudes fundamentales y unidades en el SI

Una magnitud física es un valor asociado a una propiedad física o una cualidad medible en un sistema físico. Históricamente se han ido desarrollando las relaciones que existen entre unas magnitudes físicas y otras desde los inicios de las primeras teorías físicas. Las diferentes escuelas tenían unidades distintas para cada magnitud basadas en la comparación con un estándar. Tras la Revolución francesa, el Comité Internacional de Medidas y Pesas establece siete magnitudes fundamentales a partir de las cuales se derivan el resto de magnitudes físicas. La Comisión también determinó cuales serían sus unidades en el Sistema Internacional (SI) así como el estándar para la definición de las mismas. La Tabla A resume las 7 magnitudes fundamentales y sus unidades en el SI.

Tabla A. Magnitudes fundamentales de la Física junto con sus unidades en el SI.

Magnitud	**Símbolo**	**Unidades (símbolo)**
Tiempo	t	segundo (s)
Masa	m	kilogramo (kg)
Longitud	l	metro (m)
Temperatura	T	grado Kelvin (K)
Intensidad de corriente eléctrica	I	Amperio (A)
Cantidad de sustancia	N	mol (mol)
Intensidad Luminosa	J	candela (cd)

Magnitudes derivadas más habituales en Física

A partir de las magnitudes y unidades básicas definidas en la Tabla A se pueden definir el resto de magnitudes y también de unidades dentro de la Física. Algunas de ellas son ampliamente conocidas como pueden ser las unidades de volumen dadas en m^3 o de superficie en m^2. En muchos casos cuando el valor de la magnitud es diferente al orden de las unidades, se utilizan múltiplos y submúltiplos del SI. Este sería el caso de utilizar micras para dimensiones de objetos observado en un microscopio o bien utilizar kilómetros (km) para hablar de distancias. Los prefijos de múltiplos y submúltiplos más habituales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla B. Prefijos de múltiplos y submúltiplos más habituales en el SI.

Prefijo	Símbolo	Factor multiplicación	Prefijo	Símbolo	Factor multiplicación
exa	E	10^{18}	deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}	centi	c	10^{-2}
tera	T	10^{12}	mili	m	10^{-3}
giga	G	10^{9}	micro	μ	10^{-6}
mega	M	10^{6}	nano	n	10^{-9}
kilo	k	10^{3}	pico	p	10^{-12}
hecto	h	10^{2}	femto	f	10^{-15}
deca	d	10	atto	a	10^{-18}

También hay magnitudes derivadas de ecuaciones de la Física ampliamente conocidas en el día cotidiano como la velocidad dada en m/s o unidades en sistemas diferentes como los km/h. Otras, como puede ser el potencial eléctrico dado en volts o voltios (V) son conocidas comúnmente, pero su relación con las unidades fundamentales precisa conocer la fórmula de la que la definición de voltaje se deriva. Finalmente existen magnitudes cuyas unidades no tienen nombre propio y se expresan en función de otras magnitudes derivadas y magnitudes fundamentales. En cualquier caso, conocer magnitudes derivadas precisa la definición de la magnitud física, lo cual será el objetivo de este libro. Aún así, la Tabla C presenta un resumen de algunas de las magnitudes físicas más habituales que se presentarán en este libro y tienen un nombre propio en el SI.

Tabla C. Magnitudes Físicas más habituales que tienen su propio nombre de unidades (en el SI) y relación con otras unidades derivadas o unidades fundamentales.

Magnitud	**Símbolo**	**Unidades (símbolo)**	**Unidades derivadas**
Frecuencia	f	Herzio (Hz)	s^{-1}
Fuerza	F	Newton (N)	
Presión	P	Pascal (Pa)	$N\ m^{-2}$
Energía	E	Jules (J)	N m
Trabajo	W	Jules (J)	N m
Calor	Q	Jules (J)	N m
Potencia	P	Watio (W)	$J\ s^{-1}$
Carga eléctrica	Q	Coulomb (C)	A s
Voltaje	V	Voltio (V)	$J\ C^{-1}$
Resistencia eléctrica	R	Ohmio (Ω)	$V\ A^{-1}$
Capacitancia eléctrica	C	Faradio (F)	$C\ V^{-1}$
Inducción magnética	B	Tesla (T)	$V\ s\ m^{-2}$
Flujo magnético	Φ	Weber (Wb)	V s
Ángulo	*Letra griega*[1]	Radian (rad)	$m\ m^{-1}$

Dimensiones y análisis dimensional

Consiste en reducir las unidades de magnitudes derivadas en función de magnitudes fundamentales. Es extremadamente útil para conocer la consistencia de relaciones físicas entre magnitudes de forma que algunas relaciones algebraicas como son la suma y la resta, solo pueden realizarse entre magnitudes con iguales dimensiones. Igualmente tiene que existir consistencia dimensional entre una magnitud y su incertidumbre.

En un análisis dimensional, las dimensiones asociadas se escriben siempre entre paréntesis cuadrados. En un caso sencillo, como puede ser el análisis dimensional de la velocidad tenemos:

$$v \text{ medida en } \frac{m}{s}$$

[1] Los ángulos se nombran con una letra griega que dependerá del problema en cuestión, siendo generalmente una letra minúscula.

los m (metro) son la unidad de la longitud, por lo tanto, se elige entre paréntesis cuadrado el símbolo correspondiente en Tabla A:

$$[v] = \frac{L}{T}$$

Un ejercicio más complejo resultaría de realizar el análisis dimensional de la Fuerza, que como sabemos por la segunda ley de Newton (Capítulo 1) es el producto de masa por aceleración:

$$[F] = [M][a]$$

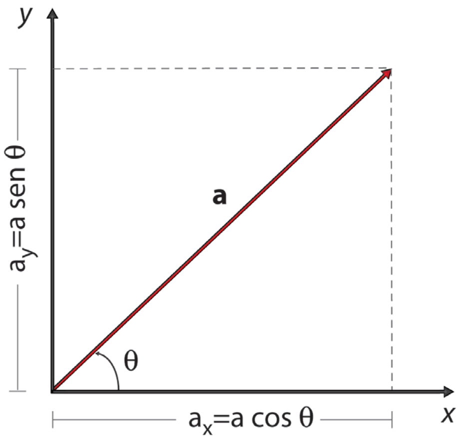
Las dimensiones de la masa ya son dimensiones de una magnitud fundamental, pero las dimensiones de la aceleración son las correspondientes a sus unidades (m/s^2). Las dimensiones que corresponden a la unidad m es la de longitud L y la unidad correspondiente a los s es de tiempo T. Sustituyendo:

$$[F] = MLT^{2}$$

Vectores

Se llama vector a una magnitud física, definida dentro de un sistema de referencia, caracterizada por un **módulo** (longitud), **dirección** y **sentido**. En este libro, un genérico vector “a” se indica mediante el uso de una letra en negrita (**a**) o, en algunos casos, poniendo simplemente una flecha por encima de la letra ($\vec{a}$).

La figura a continuación representa un vector bidimensional **a** con sus dos componentes rectangulares a_x y a_y. El módulo del vector **a** indica el tamaño (longitud) de la flecha en color rojo, su dirección viene dada por la línea recta que forma un ángulo θ con los ejes, y el sentido es hacia donde apunta la flecha.



Si conocemos a_x y a_y, el ángulo θ se obtiene mediante esta relación trigonométrica:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{a_x}{a_y} \rightarrow \theta = \operatorname{arctg}\frac{a_x}{a_y}$$

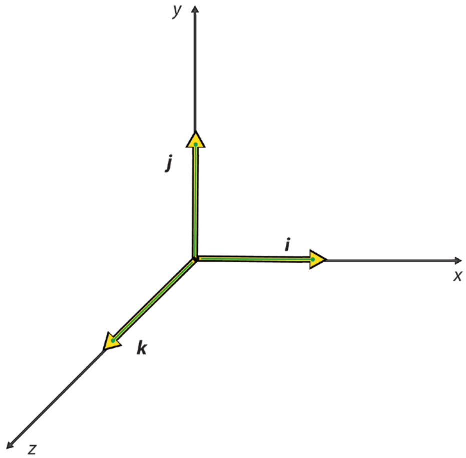
mientras que el **módulo** se halla a partir del teorema de Pitágoras:

$$|\boldsymbol{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Generalizando para un vector de *n*-dimensiones, el módulo viene a ser:

$$|\boldsymbol{a}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \cdots + a_n^2}$$

Los **vectores unitarios i**, **j** y **k** son vectores sin dimensiones y de módulo uno que apuntan en las direcciones *x*, *y* y *z* de un sistema de coordenadas rectangulares, como se muestra en la figura a continuación:



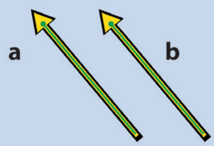
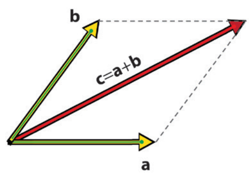
En tres dimensiones, un vector genérico **a** se puede escribir como suma de tres vectores, cada uno de ellos paralelo a un eje del sistema de referencia:

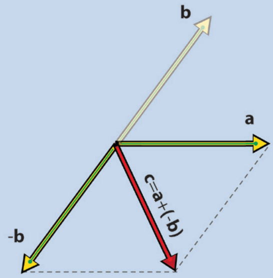
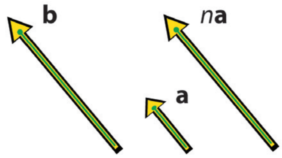
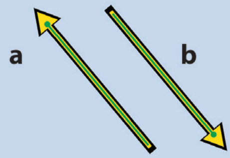
$$\boldsymbol{a} = \mathrm{a_x}\boldsymbol{i} + \mathrm{a_y}\boldsymbol{j} + \mathrm{a_z}\boldsymbol{k}$$

Propiedades de los vectores

Los vectores cumplen una serie de propiedades algebraicas sencillas, resumidas a continuación.

Tabla D. Propiedades de los vectores.

Propiedad	Comentario	Representación grafica	Componentes
Igualdad	**a**=**b** si los dos vectores son iguales en módulo, dirección y sentido		$a_x = b_x$ $a_y = b_y$ $a_z = b_z$
Suma	**c**=**a**+**b** Regla del paralelogramo		$c_x = a_x + b_x$ $c_y = a_y + b_y$ $c_z = a_z + b_z$

Propiedad	Comentario	Representación grafica	Componentes
Substracción	**c=a-b** Regla del paralelogramo		$c_x = a_x - b_x$ $c_y = a_y - b_y$ $c_z = a_z - b_z$
Multiplicación por un escalar *n*	**b** = *n***a** El vector **b** tiene módulo |**b**| = *n*|**a**| y la misma dirección que **a** si *n*>0. Por *n*<0 **b** asume dirección –**a**.		$b_x = na_x$ $b_y = na_y$ $b_z = na_z$
Inverso de un vector	**a** = -**b** si |**a**| = |**b**| y tiene sentido opuesto		$a_x = -b_x$ $a_y = -b_y$ $a_z = -b_z$

Productor escalar

El **producto escalar** entre dos vectores **a** y **b** no nulos se define como:

$$\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} = |a| \cdot |b| \cos\theta$$

donde θ es el ángulo entre **a** y $\boldsymbol{b}$. Si uno de los dos vectores es nulo o si los dos vectores son perpendiculares entre sí ($\theta=90^o$ y cos $\theta=0$), se obtiene que $\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} = 0$. Las propiedades de un producto escalar son las siguientes:

$$\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{a} = |\boldsymbol{a}|^2$$

$$\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} = \boldsymbol{b} \cdot \boldsymbol{a}$$

$$\boldsymbol{a} \cdot (\boldsymbol{b} + \boldsymbol{c}) = \boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b} + \boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{c}$$

$$(n\boldsymbol{a}) \cdot \boldsymbol{b} = n(\boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{b}) = \boldsymbol{a} \cdot (n\boldsymbol{b})$$

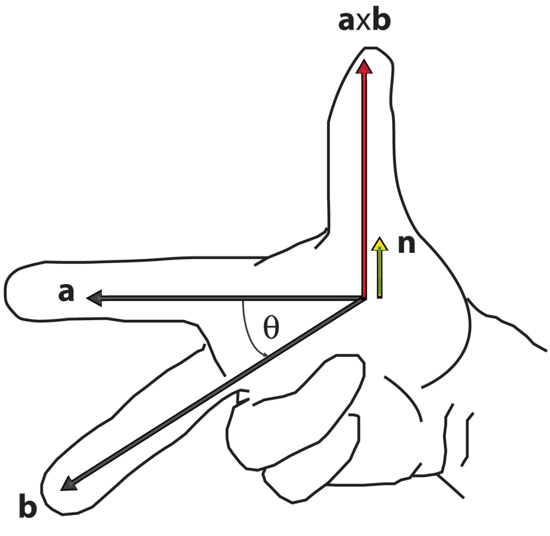
$$\boldsymbol{a} \cdot 0 = 0$$

Productor vectorial

Si **a** y **b** representan dos vectores tridimensionales no nulos, se define el **producto vectorial** entre ellos como:

$$\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} = |a| \cdot |b| \operatorname{sen} \theta \, \boldsymbol{n}$$

donde θ es el ángulo entre **a** y $\boldsymbol{b}$ y $\boldsymbol{n}$ es el vector unitario perpendicular a ambos vectores y cuya dirección viene proporcionada por la **regla de la mano derecha**, tal como se muestra en la siguiente figura.



Si uno de los dos vectores es nulo o si los vectores **a** y **b** son paralelos entre sí ($\theta=0^o$ y sen $\theta=0$) se obtiene que $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = 0$. Las propiedades de un producto vectorial son las siguientes:

$$\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} = -\boldsymbol{b} \times \boldsymbol{a}$$

$$(n\boldsymbol{a}) \times \boldsymbol{b} = n(\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b}) = \boldsymbol{a} \times (n\boldsymbol{b})$$

$$\boldsymbol{a} \times (\boldsymbol{b} + \boldsymbol{c}) = \boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} + \boldsymbol{a} \times \boldsymbol{c}$$

$$(\boldsymbol{a} + \boldsymbol{b}) \times \boldsymbol{c} = \boldsymbol{a} \times \boldsymbol{c} + \boldsymbol{b} \times \boldsymbol{c}$$

Funciones trigonométricas básicas

En el triángulo de la figura, se definen las funciones trigonométricas básicas como las siguientes ratios o proporciones entre sus lados.

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{y}{r}$$

$$\cos\theta = \frac{x}{r}$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{y}{x} = \frac{\operatorname{sen}\theta}{\cos\theta}$$