

I. FÍSICA Y MEDICIÓN

OBJETIVO Y ESTRUCTURA DE LA FÍSICA

DEFINICIONES

FÍSICA: Es la ciencia básica que estudia a los objetos y fenómenos de la naturaleza, sin importar si son animados o inanimados, orgánicos o inorgánicos.

OBJETO: Todo ente, ya sea material o inmaterial que se manifiesta en el espacio. Una silla, un electrón, un haz de luz, una porción de aire, una galaxia, etc.

ESPACIO: Objeto más elemental de la naturaleza, en el cual se ubican los demás objetos. Al espacio se le reconocen algunas características.

SISTEMA: Conjunto de uno o más objetos que se considera como una sola cosa, tomando en cuenta el espacio que éste ocupa.

ALREDEDORES: Todo el espacio y los objetos que rodean al sistema en cuestión y que se consideran ajenos a él.

FRONTERA: Región que separa al sistema de sus alrededores. La frontera puede considerarse parte del sistema o parte de los alrededores según sea el caso.

FENÓMENO: Acontecer que consiste en el cambio de las características de uno o mas sistemas. Por ejemplo, cuando cambia la ubicación de un objeto ocurre el movimiento que es un fenómeno; si el espacio que ocupa cierta cantidad de gas aumenta, decimos que ocurre una expansión que es otro fenómeno.

La física como ciencia básica se estructura y desarrolla mediante una metodología que pretende un lenguaje universal, objetivo y preciso. Su misión es la descripción precisa de todo sistema y de los fenómenos que acontecen entre los diversos objetos. Como ciencia tiene que ser objetiva, analítica y metódica.

Es importante tener presente que el ejercicio de la ciencia exige ciertos atributos como son:

1. Observación
2. Objetividad
3. Intuición
4. Creatividad
5. Análisis
6. Falsabilidad (ejercicio de la duda)
7. Disciplina
8. Habilidad lógica racional
9. Imaginación
10. Visión no paradigmática
11. Convincencia axiomática
12. Formalismo
13. Conocimiento y manejo de los principios en los que basa su comportamiento la naturaleza
14. Claridad y certidumbre de conceptos

La estrategia que se ha seguido para el desarrollo de la física es simple en apariencia, pues cada vez que se trata de estudiar un sistema o un fenómeno es indispensable compenetrarse con las circunstancias particulares de cada uno de ellos. Sin embargo es posible delinearla de la siguiente manera:

- i. Identificación de los atributos (características o propiedades) de un sistema o fenómeno
- ii. Asignación de una cantidad física (etiqueta) a cada uno de los atributos en cuestión
- iii. Cuantificación de cada cantidad física por medio de patrones de comparación (unidades físicas) pre-establecidos. Esto es el proceso de medición
- iv. Formulación de los principios en los cuales se funda la explicación del comportamiento físico de la naturaleza
- v. Búsqueda de la relación que se pueda dar entre las diferentes cantidades físicas de uno o varios sistemas o fenómenos. Esto da por resultado las diversas leyes físicas y las ecuaciones que las representen
- vi. Elaboración de un modelo que simule al sistema o fenómeno en cuestión
- vii. Formulación de hipótesis y teorías que conjunten cantidades físicas, principios, postulados, leyes y modelos que se refieran a cierto tipo de sistemas y a los fenómenos que entre ellos acontecen

Para llevar a cabo semejante tarea se hace uso de las matemáticas como una herramienta y lenguaje mediante lo cual podemos representar, expresar, relacionar, conjuntar y analizar de manera, si no exacta, si precisa, toda la información que se deriva del ejercicio científico en el desarrollo de la física.

También es de suma importancia que en la actitud que el estudiante asume para aprender física, éste se desprenda del prejuicio que considera a la física y a las matemáticas como materias difíciles y complicadas, pues no es así, más bien se trata de una mala creencia consecuencia de la adquisición de malos conceptos y pésimos educadores, esto sin tomar en cuenta la estela de herencia de tantos errores transcritos en la mayoría de los textos. Debe romperse con esa inercia y enfrentar tales materias libres de prejuicios, pues en realidad son tan fáciles como la lógica racional con la que se tratan. Eso si, se requiere del uso certero de la inteligencia, de atención y concentración, virtudes que todos poseemos, sin importar el nivel que de ellas se tenga.

EJERCICIO TEÓRICO

- A. Considere un objeto cualquiera e identifique algunos de sus atributos físicos
- B. Con ellos haga una descripción somera del objeto y comuníquela a sus compañeros, sin que ellos vean o sepan que objeto trata usted de describir
- C. Luego pídale a uno de sus compañeros que según el haya captado, describa el objeto a otro compañero
- D. Pídale al último compañero que le describa a usted el objeto
- E. Compare y evalúe la última descripción con el objeto real
- F. Pregúntese la causa de los errores

Obviamente la falta de precisión en la descripción y la mala forma de expresarla o comunicarla han hecho que no se logre el objetivo, pero no se preocupe, esto es solo un buen inicio, y después de todo para eso están la física y las matemáticas.

Nuestro curso nos ayudará a incursionar en este fantástico viaje. Habrá rigor matemático y se requerirá disciplina pero el premio es invaluable, pues con ello empezaremos a entender el universo del cual somos parte y podremos aplicarnos al avance tecnológico por bien de la Humanidad.

Usted disfruta el televisor, la comunicación inalámbrica o satelital, el transporte de todo tipo, los centros de entretenimiento, los equipos de audio, los aparatos de la cocina, los vehículos, la medicina, la electricidad, los alimentos elaborados, etc., pues bien, eso es consecuencia de la aplicación de los resultados científicos por medio de la ingeniería, y Usted ya está en esa nave por haber elegido prepararse como Ingeniero... ahora también es una de sus responsabilidades... piénselo bien... y decídase a hacerlo excelentemente.

DEFINICIÓN

CANTIDAD FÍSICA: representación formal de un atributo de algún sistema o fenómeno. Por ejemplo: la masa (m) representa la cantidad de materia que conforma a un sistema, el volumen (V) representa la extensión o tamaño que ocupa un sistema en el espacio, la velocidad (v) representa a la manera de moverse de un objeto; así a cada atributo le corresponde una cantidad física.

Una cantidad física puede ser escalar, vectorial o tensorial. De acuerdo a la manera en que matemáticamente se pueda evaluar. Si requiere de un solo número, como es el caso de la masa (m) y el volumen (V), se tratará de una cantidad física escalar; sin embargo si se requiere de un vector para representarla y evaluarla, se tratará de una cantidad física vectorial, como la fuerza (F) y la velocidad (v). En cuanto a los tensores, éstos corresponden a matemáticas más avanzadas y en este curso no los ocuparemos.

Otro aspecto sobre las cantidades físicas es que deben identificarse como asociadas a un sistema o a un fenómeno.

Existen cantidades físicas que son básicas por referirse a atributos primarios de un sistema o fenómeno. Éstas son tales como: la masa, la longitud, el tiempo, la intensidad de corriente eléctrica y la intensidad luminosa.

CANTIDAD FÍSICA	SÍMBOLO	UNIDADES MKS	UNIDADES EQUIVALENTES EN MKS	UNIDADES CGS	UNIDADES INGLÉS	UNIDADES TÉCNICO
Masa	M, m	Kilogramo (kg)	kg	Gramo (gr)	Slug (sl)	Unidades Técnicas de Masa (UTM)
Longitud	L	Metro (m)	m	Centímetro (cm)	Pie (ft)	Metro (m)
Tiempo	t	Segundo (s)	s	Segundo (s)	Segundo (s)	Segundo (s)
Fuerza	F, f	Newton (N)	N	Dina (dn)	Libra (lb)	Kilogramo Fuerza (Kgf)
Temperatura	T	Grado Kelvin (°K)	°K			
Intensidad Luminosa	I	Candela (Cd)	Cd			
Intensidad de Corriente Eléctrica	i, I	Ampere (A)	C/s			
Cantidad de Sustancia	N	Mol (mol)	mol			

Otras cantidades físicas son de uso muy común dado que representan atributos importantes y por tanto son muy útiles y deben ser bien entendidas: *la longitud, el área, el volumen, la posición, la distancia, el desplazamiento, la masa, la cantidad de sustancia, el tiempo, la velocidad, la aceleración, el ímpetu, el impulso, la fuerza, la energía, el trabajo, el calor, la potencia, el potencial gravitacional, el potencial eléctrico, la entropía, la temperatura, la presión, el campo eléctrico, la inducción magnética, el momento de dipolo magnético, la intensidad de corriente eléctrica, la cantidad de carga eléctrica, el flujo de campo eléctrico, el flujo de campo magnético, el gasto, el desplazamiento eléctrico, el momento de inercia, la frecuencia, la longitud de onda, el número de onda, la frecuencia angular, la amplitud, etc.*

Si usted no se aplica a entender y conceptualizar cada una de éstas cantidades físicas, entonces sufrirá los estragos de perder el camino del entendimiento de la física... eso no se lo recomiendo... su carrera es un 70 % Física, Matemáticas y Química... Aplíquese el tiempo que sea necesario para dar estos primeros pasos y corregir los malos conceptos que recibió en sus ciclos escolares anteriores; asegúrese de que cada cantidad física le haya “*caído al veinte*”... si, así es, solamente así... de hecho esto constituye su primer llave... ¿Quiere seguir avanzando?... ¡Hágalo!... **o se arrepentirá!**...

EJERCICIO TEÓRICO

Haga una tabla que contenga: en la primer columna el nombre de la cantidad física, en la segunda columna el atributo que representa, en la tercer columna ponga si es escalar o vectorial, y en la cuarta columna la o las letras que se usan para representarla. Debe incluir a las cantidades físicas que son más comunes e importantes.

CANTIDAD FÍSICA	ATRIBUTO	SÍMBOLOS	¿ESCALAR O VECTORIAL?	¿OBJETO O FENÓMENO?	UNIDADES MKS-A	UNIDADES EQUIVALENTES EN MKS-A
Longitud		L	E	O	m	m
Área	Tamaño de una superficie	A	E	O	m ²	m ²
Volumen	Tamaño de un objeto en 3d	V	E	O	m ³	m ³
Posición	Ubicación de un objeto	r	V	O	m	m
Distancia	Longitud en línea recta entre dos posiciones	d	E	O	m	m
Desplazamiento	Distancia, dirección y sentido que va de una posición inicial a una posición final	r	V	O	m	m
Masa	Cantidad de materia	m, M	E	O	kg	kg
Cantidad de Sustancia	Cantidad de átomos o moléculas	n	E	O	mol	mol
Densidad de Masa	Cantidad de materia por unidad de espacio ocupado		E	O	kg/m ³	
Tiempo	Intervalo que transcurre en el desarrollo de un fenómeno	t	E	O	s	s
Velocidad	Manera de moverse de un objeto	v	V	F	m/s	m/s
Velocidad Angular	Manera de moverse angularmente de un objeto		V	F	rad/s	
Aceleración	Manera en que cambia la forma de moverse de un objeto	a	V	F	m/s ²	m/s ²
Aceleración Angular	Manera en que cambia la forma de moverse angularmente de un objeto		V	F	rad/s ²	
Ímpetu	Cantidad de movimiento en un sistema	p	V	F	kg m/s	kg m/s
Impulso	Cambio en la cantidad de movimiento	I, p	V	F	kg m/s	kg m/s
Fuerza	Intensidad de interacción entre dos objetos	F, f	V	F	N	kg m/s ²
Energía	Capacidad para realizar un cambio	E, U	E	O	J	N m
Trabajo	Cantidad de energía transferida por vía mecánica	W, T	E	F	J	N m
Calor	Cantidad de energía transferida por contacto térmico	Q, q	E	F	J	N m
Potencia	Cantidad de energía absorbida o emitida por unidad de tiempo	P	E	F	W	J/s

CANTIDAD FÍSICA	ATRIBUTO	SÍMBOLOS	¿ESCALAR O VECTORIAL?	¿OBJETO O FENÓMENO?	UNIDADES MKS-A	UNIDADES EQUIVALENTES EN MKS-A
Potencial gravitacional	Energía potencial por unidad de masa	$U_g(r)$	E	O	J/kg	J/kg
Carga eléctrica	Característica elemental de algunas partículas, la cual se manifiesta al ejercerse una fuerza llamada eléctrica entre dos partículas que posean este atributo	Q, q	E	O	C	A s
Potencial eléctrico	Energía potencial por unidad de carga eléctrica	$V(r)$	E	O	V	J/C
Entropía	Grado de desorden de un sistema	S, s	E	F	J°K	
Temperatura	Promedio de la agitación térmica de un sistema	T	E	O	°K	
Presión	Promedio del impulso de las moléculas de un sistema	P, p	E	O	Pa	N/m
Viscosidad Cinemática	Rozamiento interno, fuerza tangencial de resistencia al deslizamiento entre dos capas de un fluido		E	F	$m^{2/s}$	
Viscosidad Dinámica	Rozamiento interno, fuerza tangencial de resistencia al deslizamiento entre dos capas de un fluido		E	F	N s/m ²	
Intensidad de Campo eléctrico	Fuerza eléctrica por unidad carga eléctrica	$E(r)$	V	O	V/m	N/C
Intensidad de Campo magnético		$B(r)$	V	O	A/m	
Momento de dipolo magnético		p_m	V	O		
Intensidad de corriente eléctrica	Cantidad de carga que cruza una superficie en la unidad de tiempo	I	E	F	A	C/s
Voltaje o diferencia de potencial	Diferencia del potencial	V_{ab}	E	O	V	J/C
Flujo eléctrico		e	E	F		
Flujo magnético		m	E	F	Wb	V s
Gasto volumétrico		G_v	E	F	m^3/s	
Gasto másico		G_m	E	F	kg/s	
Desplazamiento eléctrico		D	V	O		
Momento de Inercia		I_m	E	O	kg m ²	
Frecuencia		f,	E	F	hz	s ⁻¹

CANTIDAD FÍSICA	ATRIBUTO	SÍMBOLOS	¿ESCALAR O VECTORIAL?	¿OBJETO O FENÓMENO?	UNIDADES MKS-A	UNIDADES EQUIVALENTES EN MKS-A
Frecuencia angular			E	F	rad/s	
Longitud de onda			E	O	m	
Número de onda		k	E	O	m ⁻¹	
Amplitud de onda		A	E	O	m	
Flujo Luminoso	Potencia de la radiación luminosa	F	E	F	lm	cd sr
Intensidad Luminosa	Potencia de la radiación luminosa por unidad de ángulo sólido	I	E	F	cd	lm/sr
Iluminación	Potencia de la radiación luminosa por unidad de superficie	E	E	F	lux, fots o phots	lm/m ²
Exposición (Cantidad de Iluminación)	Iluminación de la superficie durante un intervalo de tiempo	H	E	F	Lux s	
Luminancia (Brillo)	densidad superficial de la intensidad luminosa en una dirección dada	B	E	F	nits, stilbes o stilbs	cd/m ²
Luminosidad (Emitancia Luminosa)	Densidad superficial del flujo radiante emitido por la superficie	R	E	F	lux, fots o phots	lm/m ²

LEY FÍSICA: Establecimiento de la relación que existe entre las diversas cantidades físicas de un sistema o de un fenómeno. También nos dictan algún comportamiento o tendencia, de un sistema o fenómeno, en particular.

Algunas leyes son: La segunda ley de Newton “*la aceleración que sufre un objeto, es directamente proporcional a la fuerza externa que sobre él se aplica, e inversamente proporcional a su masa*”; la ley cero de la termodinámica “*cuando dos sistemas se ponen en contacto térmico uno con el otro, éstos tenderán a obtener temperaturas iguales*”.

Casi todas las leyes físicas se pueden modelar matemáticamente, con una ecuación, un gráfico, una tabla, un diagrama, un esquema, etc.

PRINCIPIO FÍSICO: Es la aseveración de un comportamiento elemental y primario de la naturaleza que, sin importar las circunstancias, sistemas o lugares en nuestro universo, ha de cumplirse invariablemente.

Tal como el principio de mínima energía, uno de los más importantes:

“TODO SISTEMA QUE QUEDA LIBRE DE FUERZAS Y CONFINAMIENTOS EXTERNOS, TOMARÁ LA CONFIGURACIÓN EN LA QUE CONTENGA LA MÍNIMA ENERGÍA POSIBLE”

No son muchos los principios físicos, pero en ellos se funda el comportamiento general del universo que hasta ahora conocemos. Cada vez que se trate de describir algún sistema o fenómeno se tiene que considerar que se siguen los diversos principios físicos.

CONSTANTE FÍSICA: Aquella de valor fijo y relacionada a un fenómeno o clase de objetos. Tal como la constante universal de la gravitación, que está involucrada en el fenómeno de la gravedad y cuyo valor es $G = (6.670 \ 0.015) \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$, o como la constante universal de los gases ideales $R = (8.3143 \ 0.0012) \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$. Las constantes físicas pueden aparecer como constantes de proporcionalidad en alguna ley universal

CONSTANTE RELATIVA O PARÁMETRO FÍSICO: Aquel valor fijo relativo a un comportamiento específico o asignado a un cierto tipo de objeto u objetos. Tal es el calor específico, el cual tiene un valor para cada tipo de material, otro parámetro es la permitividad eléctrica, etcétera.

POSTULADO: Aquella aseveración no comprobada, que sirve en la edificación de una teoría, el cual se considera como cierto y resulta coherente con lo ya establecido. Cuando un postulado es comprobado pasa a ser un principio o una ley física.

Un ejemplo de postulado es el que hizo Albert Einstein al desarrollar su famosa teoría de la Relatividad Especial:

“LA VELOCIDAD DE LA LUZ ES SIEMPRE LA MISMA PARA TODO OBSERVADOR, SIN IMPORTAR EL SISTEMA DE REFERENCIA EN EL QUE DIFERENTES OBSERVADORES SE ENCUENTREN”

Esta aseveración la supuso Einstein como cierta, aún cuando no la podía comprobar, para poder edificar la teoría especial de la relatividad. Posteriormente fue comprobado y ha dejado de ser un postulado para pasar a ser otro principio físico.

MODELO FÍSICO: Consiste en la descripción, ya sea geométrica, gráfica, esquemática, como un diagrama o dibujo, una secuencia, etc., que pretende expresar la estructura, forma o comportamiento específico de algún sistema o fenómeno.

Algunos ejemplos de modelos son: el modelo del átomo que hizo Bohr, el del sistema solar, el de los enlaces iónicos, el de la forma en que varía el calor específico de los sólidos a baja temperatura, el de la manera en que varía la corriente eléctrica de acuerdo al voltaje en un conductor lineal (Ley de Ohm), etc.

Como se intuye, casi todas las leyes físicas se modelan mediante una ecuación matemática, así que ya sea de forma gráfica, analítica o numérica, las matemáticas también sirven para modelar sistemas y fenómenos.

HIPÓTESIS: Tiene la pretensión de constituirse como ley o como una teoría, sin embargo no llega a serlo a causa de carecer de comprobabilidad.

Una hipótesis muy famosa es aquella que nos dice que la configuración de nuestro universo conocido se inició con una gran explosión, a partir de una concentración de materia localizada en algún punto del espacio, esta hipótesis se denomina “*El Bing Bang*” o “*Gran Explosión*”.

TEORÍA FÍSICA: Es el conjunto de cantidades físicas, principios, hipótesis, leyes físicas, modelos y postulados que se refieren a cierto tipo de sistemas y fenómenos.

De esta manera se da lugar a diversas teorías, que a su vez permiten dividir la física en áreas, algunas de ellas son: la mecánica clásica, la mecánica cuántica, la mecánica estadística, el electromagnetismo, la óptica, la mecánica de fluidos, la física molecular, la teoría cinética de los gases, la termodinámica, la física moderna, la relatividad especial, la relatividad general, la hidrostática, la hidráulica, la gravitación, etc.

ÁREAS DE LA FÍSICA: Pueden estar constituidas por una o varias teorías, con la finalidad de hacer organizado y claro el desarrollo de la física. Algunas áreas de la física se pueden subdividir a su vez.

MECÁNICA: (clásica, cuántica, relativista y estadística), en el caso clásico se subdivide en estática, cinemática y dinámica

ELECTROMAGNETISMO: (clásico, cuántico y relativista) se subdivide en electrostática, electricidad, magnetostática, magnetismo y electrodinámica

TERMODINÁMICA: clásica, de procesos reversibles, de procesos irreversibles, transiciones de fase

FÍSICA MOLECULAR

RELATIVIDAD Y GRAVITACIÓN

ETC.

El siguiente esquema es ilustrativo de algunas de las cosas que se han mencionado:

UNIDADES DE MEDIDA Y SISTEMAS DE UNIDADES **(CONVERSIÓN DE UNIDADES)**

Cada cantidad física es cuantificable, es decir, su valor debe decirnos cuánto hay del atributo que representa en un objeto o fenómeno. Por esta razón se han generado patrones de comparación llamados “unidades físicas” o “unidades de medida”, con ellos podemos llevar a cabo el proceso de comparación al que comúnmente denominamos “medición”.

UNIDAD FÍSICA: Patrón de comparación que nos permite cuantificar una cantidad física.

De lo anterior que para cantidad física exista al menos una unidad de medida. Es importante tener una idea del tamaño de cada unidad física, solo de esta forma tendrá sentido un resultado en física.

Las cantidades físicas básicas (masa. Longitud, tiempo e intensidad de corriente eléctrica) poseen para su medida las unidades: kilogramo (kg), metro (m), segundo (s) y ampere (A), respectivamente. El tamaño de cada una de estas unidades se define como sigue:

UNIDAD	DEFINICIÓN ACTUAL	DEFINICIÓN ANTERIOR
KILOGRAMO	masa del prototipo internacional de kilogramo que es un cilindro de platino e iridio en la oficina internacional de pesas y medidas	(año 1889) masa del prototipo internacional de kilogramo que es un cilindro de platino e iridio en la oficina internacional de pesas y medidas
METRO	(año 1983) Distancia que recorre la luz en el vacío durante un tiempo exactamente igual a $\frac{1}{299\,792\,458}$ segundos	1 650 763.73 veces la longitud de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles $2p_{10}$ y $5d$ del átomo de Criptón 86
SEGUNDO	(año 1967) Intervalo que corresponde a 9,192,631,770 oscilaciones de la radiación procedente de átomos de cesio 133, medido con un reloj de haz atómico. En el presente estos relojes tienen un error no mayor de 1 segundo en 3,000,000 años	(año 1960) Fracción $\frac{1}{31\,556\,925.9747}$ del año trópico para enero 0 de 1900 a las 12 hrs

A partir de estas unidades básicas se pueden escribir todas las demás unidades de medida, por ejemplo:

Newton (N)	$\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$
Joule (J)	$\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$
Watt (W)	$\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$

Existen más de una unidad de medida para cada una de la mayoría de las cantidades físicas, de ahí que se escoja una sola para cada cantidad física, luego el conjunto de esas unidades constituye un sistema de unidades.

SISTEMA DE UNIDADES: Conjunto de unidades, una para cada cantidad física.

Existen varios tipos de sistemas de unidades, de acuerdo al tipo de sistemas o fenómenos a estudiar, o al país, entre otros factores. Los cuatro sistemas de unidades más importantes por su uso y consistencia son:

Sistema práctico absoluto o internacional, mejor conocido como MKS

Sistema físico absoluto o cegesimal o gaussiano, mejor conocido como CGS

Sistema Inglés o US

Sistema técnico o MkgfS

EJERCICIO TEÓRICO

Haga una tabla que contenga: en la primer columna el nombre de 10 cantidades físicas, en la segunda columna las unidades correspondientes al sistema MKS-A, en la tercer columna las unidades del CGS, en la cuarta columna las unidades del sistema inglés, y en la quinta columna las unidades del sistema técnico. También incluya entre paréntesis la abreviatura de la unidad

CANTIDAD FÍSICA	MKS-A	CGS	INGLÉS	TÉCNICO
Masa	kg	gr	sl	UTM
Longitud	m	cm	ft	m
Tiempo	s	s	s	S
Fuerza	N	dn	lb	Kgf
Energía	J	erg	BTU	
Potencia	W			
Presión	Pa			
Temperatura	°K			
Velocidad	m/s	cm/s	ft/s	m/s
Intensidad de corriente eléctrica	A			

Dado que existen, comúnmente, más de una unidad para cada cantidad física, se hace indispensable encontrar la equivalencia entre estas unidades diferentes. Por ejemplo, la presión se puede medir en pascales (Pa) y también en atmósferas (Atm), la cuestión aquí es saber cuántos Pa hay en 1 Atm y viceversa, cuántas Atm hay en 1 Pa. Estas equivalencias entre unidades físicas se pueden calcular a partir de las equivalencias que haya entre las unidades básicas, las cuales se muestran a continuación para los principales sistemas de unidades:

MASA					
MKS	(kg)	CGS	INGLÉS	(sl)	TÉCNICO
		(gr)			(UTM)
1		10 ³			
		1			
			1		
14.9		14.9x10 ³			1