FÍSICA I

UNIDAD I – MAGNITUDES Y MEDICIONES

Contenido

UNIDAD I. MAGNITUDES Y MEDICIONES

Introducción y Orientaciones para el Estudio

Esta primera unidad de nuestro curso debe proporcionarnos el acceso a unas herramientas básicas para todo lo que sigue. Nuestro objetivo mediato es construir el concepto de energía, que como veremos, no es una cosa del todo sencilla, por más que el término nos resulte abrumadoramente familiar. La enorme importancia del concepto radica justamente en que se trata de algo que se puede medir, o sea una magnitud, y como tal presenta características que lo hacen muy valioso.

Abordaremos entonces una descripción de las características generales de las magnitudes y del proceso de medición y razonaremos sobre algunas reglas necesarias para las operaciones con ellas. Veremos que hay magnitudes de distinto tipo y aprenderemos a clasificarlas. Nos encontraremos con las unidades, compañeras inseparables de aquellas y frecuentemente confundidas con ellas y trataremos de dejar bien claro cuál es el papel de unas y otras. Finalmente haremos una revisión del sistema de notación científica, una herramienta extraordinariamente valiosa y a menudo subutilizada por la falta de comprensión de su utilidad.

Para estudiar y comprender esta unidad no hacen falta más que conocimientos básicos generales de álgebra y cálculo. Aunque hemos cuidado de utilizar un lenguaje llano y sencillo es posible que para algunas personas, no familiarizadas con la lectura de temas científicos, el método de exposición y desarrollo de los temas resulte nuevo y extraño. Ellas requerirán una lectura más cuidadosa. Les resultará útil intentar establecer un diálogo imaginario con el autor, seguir sus razonamientos, contestar los interrogantes que se plantean y anticiparse a sus conclusiones.

Intercalados en el texto y con un recuadro y color de tinta especiales, encontrarán ejercicios de aplicación inmediata de las ideas en estudio. Recomendamos fuertemente que se resuelvan a medida que aparecen y se confronte la solución encontrada con la que aparece al final de la unidad.

OBJETIVOS

Precisar y profundizar el concepto de magnitud y comprender su vinculación con las unidades.
Comprender la estructura general y las normas que estipula el Sisitema Internacional de Unidades (SI).
Operar algebraicamente con las magnitudes, utilizando, cuando resulte adecuado, notación científica.
Reconocer magnitudes vectoriales y escalares.
Comprender la naturaleza del proceso de medición y de los errores o incertezas asociados al mismo.

MAGNITUDES Y UNIDADES

Llamamos magnitud a aquello que se puede medir, que es representable mediante números que nos indican cuánto hay de ello. Pero para decir cuánto hay, debemos referirnos a la unidad de medida.

Una medición es una comparación con la unidad de medida.

Así, decir que la distancia entre dos posiciones es de 3 metros, significa que es tres veces más grande que cierta unidad de medida a la que llamamos **metro,** o que cierta pieza cuya longitud coincide con el metro, cabe tres veces justas dentro de la distancia entre las posiciones, etc. Entonces,

Magnitudes y unidades van siempre juntas, pero son cosas distintas

el valor de una magnitud física debe incluir tanto un número como una unidad.

La unidad nos da la *calidad* de la magnitud. Nos dice si se puede sumar o restar con otra. Para que ello sea posible, ambas unidades deben ser las mismas. En muchas ocasiones, las magnitudes se relacionan unas con otras a través de operaciones algebraicas como el producto o el cociente. En estos casos, por supuesto, no es necesario que las unidades coincidan y se las trata como otra magnitud algebraica que está multiplicando al valor numérico.

$$10\,\frac{kilómetro}{\cancel{hora}}\times 2\cancel{hora}\times 3kilómetro = 60kilómetro\times kilómetro = 60kilómetro^2$$

En las ecuaciones y muchas veces en los textos, se reemplaza el nombre de la unidad por su símbolo:

$$16\,\frac{metro}{segundo^2}\times 0{,}25segundo = 16\,\frac{m}{s^2}\times 0{,}25s = 4\,\frac{m}{s}$$

Mucha confusión ha habido, y bastante subsiste en el tema de las unidades, magnitudes y símbolos.

Ejercicio 1.1: *Identifique magnitudes y unidades en el siguiente texto. Explicite magnitudes y unidades que están sólo implícitas.*

"El reloj es esencialmente un oscilador que emite pulsos con cierta frecuencia. Esta frecuencia, que en las PC modernas es del orden de gigahertz, determina en gran medida la velocidad de la computadora y es característica de cada microprocesador. En la rápida evolución de éstos, la frecuencia a la que operan ha ido aumentando con igual rapidez. El límite está dado por el tiempo que la luz tarda en recorrer los milésimos de milímetro que separan entre sí los elementos de circuito que componen la CPU".

EL SISTEMA INTERNACIONAL (SI)

En el ámbito científico, desde hace unos 40 años, se trata de usar exclusivamente el llamado Sistema Internacional **(SI)**, cuyo correlato nacional es el Sistema Métrico Legal Argentino, (**SIMELA)** de uso obligatorio desde el año 1972**.** Daremos una breve descripción del mismo.

> La elección de las unidades de base es parcialmente arbitraria. Distintos sistemas eligen distintas unidades.

En el SI se definen 7 unidades de base, o fundamentales, para otras tantas magnitudes. A partir de ellas se definen una gran cantidad de unidades derivadas. *Cada unidad, fundamental o derivada, tiene un **símbolo**, que no debe ser modificado.* Las magnitudes también se simbolizan o abrevian en el tratamiento algebraico, pero estos símbolos son libres; cada autor los define en el momento de usarlos.

Los múltiplos y submúltiplos de las unidades SI se forman uniformemente mediante prefijos, siempre los mismos, que indican el orden decimal de los múltiplos de valores de la unidad. Por razones históricas, la palabra kilogramo (que designa, como veremos a una unidad y no a un múltiplo) contiene un prefijo, pero los múltiplos y submúltiplos se añaden agregando los prefijos correspondientes a la palabra *gramo.*

Las magnitudes derivadas tienen dimensiones que resultan de operaciones algebraicas de las fundamentales. Por ejemplo, el volumen resulta de elevar la longitud al cubo:

$$\boldsymbol{V = L^3}$$

La velocidad se obtiene dividiendo una longitud por un tiempo:

$$\boldsymbol{v = L.T^{-1}}$$

etc. .

UNIDADES SI DE BASE

Magnitud	**Símbolos usuales**	**Unidad**	**Símbolo**
Longitud	L,l,d,r,x,etc	metro	m
Masa	M, m	kilogramo	kg
Tiempo	T, t	segundo	s
Intensidad de corriente	I,i	ampere	A
Temperatura	T,t	kelvin	K
Cantidad de materia		mol	mol
Intensidad luminosa		candela	cd

ALGUNAS UNIDADES SI DERIVADAS

Magnitud	Símbolos usuales	Nombre de la unidad	Símbolo	Equivalencia
Fuerza	F,f	Newton	N	kg.m / s^2
Velocidad	V , v			m / s
Aceleración	A, a			m / s^2
Superficie	S, s, A	Metro cuadrado	m^2	m^2
Energía *Trabajo*	E L , w	Joule	J	N . m
Carga eléctrica	Q , q	Coulomb Culombio	C	A . s
Potencial eléctrico	V , U, e	Volt Voltio	V	J / C
Capacidad eléctrica	C	Farad Faradio	F	C / V
Resistencia eléctrica	R , r	Ohm Ohmio	Ω	V / A
Potencia	P	Watt Vatio	W	J / s
Intensidad de campo eléctrico	E			N / C ó V / m
Frecuencia	f , ν	Hertz	Hz	1 / s

PREFIJOS UTILIZADOS EN EL SI

Prefijo	Factor	Símbolo
exa	10^{18}	E
peta	10^{15}	P
tera	10^{12}	T
giga	10^{9}	G
mega	10^{6}	M
kilo	10^{3}	k
mili	10^{-3}	m
micro	10^{-6}	μ
nano	10^{-9}	n
pico	10^{-12}	p
femto	10^{-15}	f
atto	10^{-18}	a

Por supuesto, los símbolos de los prefijos, también son inamovibles y debe prestarse atención al uso de mayúsculas y minúsculas:

$$\boxed{¡¡1mV \neq 1MV!!}$$

Ejercicio 1.2: ¿A cuántos MV equivale un (1) mV?

Podemos apreciar, a continuación, un pequeño ejemplo de lo importante que puede ser prestarle la debida atención a las unidades que se utilizan...

WHY MARS ORBITER WAS LOST

NASA announced Thursday September 30th the likely reason the Mars Climate Orbiter was lost. On September 23rd, the spacecraft apparently passed only 60 km from the Martian surface, rather than the planned close approach of 140 to 150 km. Engineers consider 85 km the minimum safe altitude for a flyby. A preliminary investigation revealed that a mismatch of figures occurred because one team of engineers had used English units of measure while another used metric. Edward Weiler,NASA's Associate Administrator for Space Science, explained, "People sometimes make errors. The problem here was not the error, it was the failure of NASA's systems engineering, and the checks and balances in our processes to detect the error. That's why we lost the spacecraft."Two panels continue to study the mission failure. The next mission inqueue for the red planet is Mars Polar Lander, which arrives December 3rd.

Sky & Telescopes, October,1998.

NOTACIÓN CIENTÍFICA.

En la tabla de múltiplos y submúltiplos se utiliza un sistema de anotación para los números grandes y pequeños basado en las propiedades de las potencias de diez. Este sistema también resulta particularmente útil para resolver, por ejemplo, el ***ejercicio 1.2*** y es extensamente usado en los programas de cálculo de las computadoras y en las calculadoras científicas.

Una observación cuidadosa de la siguiente tabla, nos ahorrará muchas explicaciones.

1 = 10^0

10	=	10^1	0,1	=	10^{-1}
100	=	10^2	0,01	=	10^{-2}
1000	=	10^3	0,001	=	10^{-3}
10.000	=	10^4	0,0001	=	10^{-4}
1.000.000	=	10^6	0,000001	=	10^{-6}

Como queda claro, el exponente de diez da información sobre la posición de la coma decimal, tanto en números mayores como menores que 1. Esto se aprovecha para denotar y operar números muy grandes y muy chicos, compactando la escritura y evitando errores. Por ejemplo

$$\mathbf{1{,}256x10^9 = 1.256.000.000}$$

$$\mathbf{1{,}256x10^9 + \frac{2{,}4x10^4}{3x10^{-4}} = 1{,}256x10^9 + 0{,}8x10^{(4-(-4))} = (1{,}256 + 0{,}08)x10^9 = 1{,}336x10^9}$$

Resultado que *también* podría escribirse como ***1.336.000.000.***

Sin embargo tal como está expresado, como un producto de potencia de diez, *es el mismo número,* con la ventaja de ser mucho más cómodo de escribir y de operar con él y es perfectamente válido dejar el resultado expresado de esa forma.

Los programas de cálculo, o que realizan alguna operación de cálculo, utilizan este sistema, aunque la notación suele ser algo diferente. Así Excel escribirá el resultado de:

$$\mathbf{\frac{1}{0{,}00000000001} = 1E + 11}$$

Que debe leerse:

$$\mathbf{1x10^{11}}$$

No debe confundirse, en este utilitario, la notación "*exp x"* que alude a la función exponencial e^x.

La notación científica es una forma de expresar números y no una operación algebraica que deba resolverse

En las calculadoras científicas, por otra parte, cuando el resultado de una operación supera la capacidad del display, se acude a la misma estrategia. En este caso, los dos últimos dígitos, a veces con un formato ligeramente menor, aparecen algo separados e indican el valor del exponente. Así:

2.5   07 ó ***2.5*** ***07*** o bien ***2.5exp07***

significa:

$$2{,}5x10^{7}$$

Para escribir en esta notación directamente desde el teclado, la tecla EXP habilita la zona del exponente del display.

ATENCIÓN: *2,5 07* NO SIGNIFICA $2{,}5^{7}$

Ejercicio 1.3: Se sabe que en un mol de silicio, cantidad equivalente a 0,0281kg, hay $6{,}02x10^{23}$ átomos. Calcule la masa (o el peso, como prefiera) de **un** átomo de silicio.

MAGNITUDES VECTORIALES Y ESCALARES.

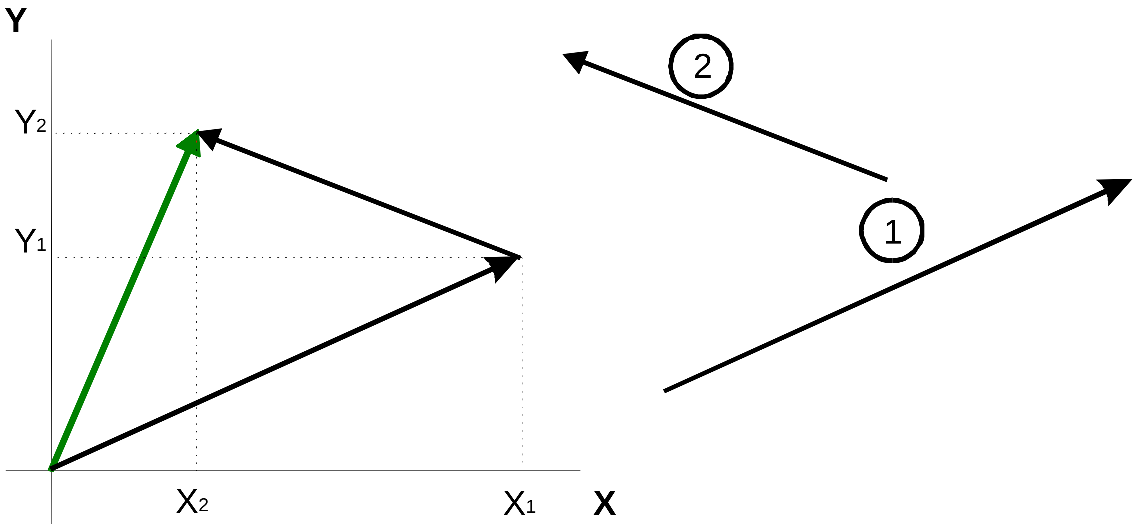
Hay magnitudes como el volumen, la densidad, la temperatura que quedan completamente definidas con un número y una unidad. $10m^{3}$, 0,6 g/mm^{3} o 273K expresan completamente el valor de la magnitud en cuestión. A estas magnitudes se las llama *escalares.*

Pero en cambio, decir que un móvil se desplaza a 20m/s, o que un cuerpo recibe una fuerza de 60N, o que la sucursal de correos está a 300m desde aquí, resultan datos incompletos si no se especifica, además la dirección que está asociada con la medida. Estas otras magnitudes, reciben el nombre de *vectoriales.* Las magnitudes vectoriales se representan mediante vectores, que son entes con magnitud, dirección y sentido que se **suman y restan como si fuesen desplazamientos**.

Los vectores se representan gráficamente mediante segmentos orientados, cuya longitud sea proporcional a la magnitud, intensidad o módulo del vector y cuya dirección y sentido sean los del vector. Analíticamente, se los puede representar a través de los valores de sus componentes en las tres direcciones ortogonales. En el dibujo que sigue se da un ejemplo en el plano, para mayor claridad gráfica, pero puede generalizarse fácilmente para tres dimensiones.

Es fácil comprobar que **la suma de los vectores 1 y 2,** realizada gráficamente *como si fuesen desplazamientos*, esto es colocando un vector a continuación de otro, se corresponde con una solución analítica **realizada sumando las componentes en cada dirección**.

Por ejemplo, la suma de Y_1, componente del **vector 1** en la dirección **Y**, e Y_2, componente del **vector 2** en la misma dirección, es igual a la componente, en la dirección **Y**, del **vector resultante.**



Multiplicar un vector por un escalar significa obtener otro vector con la misma dirección y una magnitud igual a la primera multiplicada por el escalar.

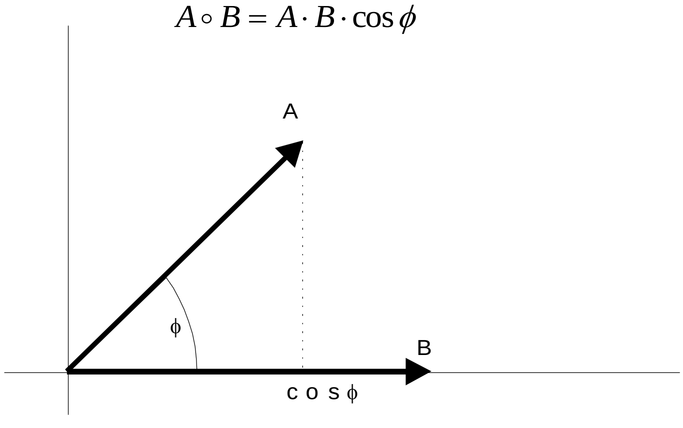
Multiplicar un vector por otro vector presenta dos casos distintos.

Los vectores son entes, similares a los números. Al portar información también sobre la dirección, las reglas de operación son más complicadas.

Producto escalar o producto interno

Entre dos vectores A y B que forman un ángulo ϕ entre ellos:

$$\vec{A} \circ \vec{B} = A \cdot B \cdot \cos\phi$$



El resultado de esta operación es un escalar y el significado físico es multiplicar el módulo de un vector por el módulo de la componente del otro en su misma dirección. O sea que el producto es máximo cuando las direcciones coinciden y nulo cuando son perpendiculares entre sí.

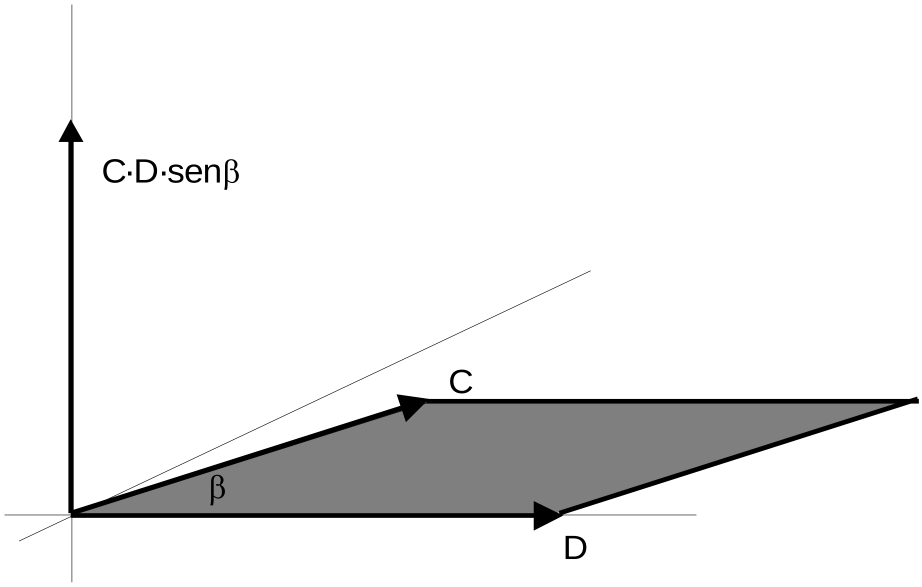
Producto vectorial o producto externo

Entre dos vectores C y D que forman un ángulo β entre ellos:

$$\left|\mathbf{D}\times\mathbf{C}\right| = D\cdot C\cdot sen\beta$$

Según sea escalar o vectorial, el producto entre dos magnitudes vectoriales puede originar dos magnitudes derivadas distintas.

Las barras indican que nos estamos refiriendo al módulo del vector. El resultado de esta operación es un nuevo vector cuya dirección es perpendicular al plano determinado por los otros dos. El sentido se determina mediante una convención y es notable que esta operación no cumple la propiedad conmutativa; aquí el orden de los factores sí que altera el producto. El producto es máximo cuando los vectores que se multiplican son perpendiculares entre sí y nulo si son paralelos. El sentido físico es que el producto vectorial es proporcional al área del paralelogramo determinado por ambos vectores.



Ejercicio 1.4: Dados dos vectores, en el plano, de intensidad V_1=5; 30º sobre el semieje positivo horizontal y V_2=3; 60º sobre el mismo eje, calcular la suma, la diferencia y los productos escalar y vectorial entre ambos. Cuando corresponda, representar gráficamente el vector resultante.

El Proceso de Medición

Dijimos que magnitud es aquello que se puede medir y que expresamos el resultado de la medición mediante un número y una unidad. Vamos a inspeccionar con algún detenimiento el proceso de medición en sí.

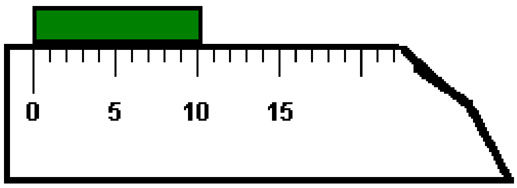
Medir es comparar cuantitativamente la magnitud en cuestión con la unidad correspondiente. Esto puede hacerse de diferentes maneras, dependiendo de la naturaleza y "tamaño" relativo de la magnitud. Para transitar por un terreno familiar, comenzaremos por referirnos a la longitud.

Si se trata de medir un objeto a nuestra escala, mesas, personas, libros, etcétera, el procedimiento más común será poner el objeto a la par con una regla graduada en submúltiplos de la unidad y determinar, por comparación, cuál es la medida igual al objeto, o cuál es la más próxima. Pero si se trata de medir la distancia entre la Tierra y la Luna, este procedimiento no es aplicable en absoluto y deberemos acudir a algún tipo de *medición indirecta.*

Algo similar ocurre si queremos medir la rapidez de desplazamiento de algún móvil. Usualmente no disponemos de móviles de velocidad graduada para realizar una comparación directa. En las mediciones indirectas transformamos una o más mediciones de comparación directa mediante algún algoritmo.

La mayor parte de las mediciones físicas son indirectas

En el acto de la comparación directa, siempre existe una incerteza sobre el valor determinado. Esto es muy claro en la medición analógica, de comparación contra una escala:



¿Cómo podríamos, a simple vista, decidir si la longitud de la pieza es 10,1; 10,2 ó 10,3. Podríamos mejorar la situación utilizando una lupa y una regla adicional (conformando el dispositivo llamado nonius) y asegurar que es 10,2. Pero ¿será 10,23 ó 10,24? Podremos seguir agregando dígitos "seguros" si contamos con la tecnología adecuada. Así y todo, a medida que bajamos en la escala, el nítido borde de nuestra pieza se irá transformando en algo más y más indefinido y decidir dónde termina se transformará en una cuestión sin sentido.

Lo mismo ocurre en una medición realizada con un instrumento de lectura digital. Aún cuando pudiéramos asegurar la última cifra que aparece en el display, nada sabríamos sobre las que siguen.

Es por esto que se reconoce que cualquier medición tiene una cierta *incerteza* o *error*. Ambas palabras significan lo mismo en este contexto y la primera refleja mejor lo que se quiere decir, ya que no se alude a una posible equivocación, (que también puede ocurrir) sino de la incertidumbre acerca de cuál es el valor que se busca. Sin embargo, "*error*" ha sido y sigue siendo extensamente utilizada.

El proceso de medición es una operación física experimental en la que intervienen: 1) lo que se mide, 2) un instrumento o aparato de medición, 3) la unidad de medida y 4) el observador.

La medida es el resultado de este proceso y no una propiedad de lo que se mide, ya que si se repite el proceso, el resultado puede ser diferente, pues intervienen una gran cantidad de variables, difíciles de controlar.

La elección del proceso de medición, entre varios posibles, y con ello del grado de incerteza, depende de la finalidad de la medición.

En general, entonces, debemos admitir que no existe un *valor verdadero* de lo que se mide. Sin embargo, podremos determinar un valor máximo y uno mínimo posibles. La diferencia entre ellos, o sea el intervalo de incerteza, depende del proceso de medición.

Una forma usual de disminuir la incerteza es repetir el proceso tantas veces como sea posible y tomar como *valor más probable,* el promedio aritmético de los resultados. Si las variaciones son debidas a causas aleatorias, este resultado medio es más confiable que cualquier medida individual.

El tema es mucho más complejo que lo expuesto hasta aquí, aunque para nuestros fines tenemos bastante. Remitimos al lector interesado a la bibliografía especializada.

Ejercicio 1.5 La medición del tiempo que insumió un determinado proceso arroja los siguientes resultados

Nº	Tiempo (s)	Nº	Tiempo (s)
1	2,35	7	2,31
2	2.38	8	2,31
3	2,29	9	2,29
4	2,30	10	2,32
5	2,32	11	2,29
6	2,34	12	2,33

¿Cuánto duró el proceso realmente?
¿Qué valor tomaría como más probable?
Una de las determinaciones fue realizada con otro instrumento.¿Cuál parece ser?

Resumen

MAGNITUDES Y UNIDADES. Las magnitudes son medibles, representables mediante números. Las unidades acompañan a las magnitudes especificando con qué está comparado el valor que las representa.

Las unidades conforman sistemas que explicitan las relaciones entre unas y otras. En el ámbito científico-técnico tiende a utilizarse el Sistema Internacional, conocido en la Argentina como SIMELA. El SI define siete unidades de base, de las cuales se derivan todas las demás. También define reglas de notación, símbolos y los nombres de múltiplos y submúltiplos.

NOTACIÓN CIENTÍFICA. Es un método para anotar y operar con números, basado en las propiedades de las potencias de diez. Es particularmente útil para números muy grandes y muy pequeños. También se utiliza en computadoras y calculadoras científicas.

MAGNITUDES VECTORIALES Y ESCALARES. Las escalares se describen completamente con un número (y la unidad). Las vectoriales tienen asociada una dirección, por lo que su representación es más compleja. Gráficamente se utilizan los vectores que son entes que se suman como si fuesen desplazamientos. También es posible definir otras operaciones algebraicas, como restas o productos.

Los productos entre magnitudes vectoriales pueden ser escalares o vectoriales, según den origen a uno u otro tipo de nueva magnitud.

EL PROCESO DE MEDICIÓN. Medir es comparar con la unidad. La mayor parte de las veces las mediciones son indirectas. La medida, como resultado de un proceso, puede fluctuar alrededor del valor más probable. Una forma de disminuir la incerteza de una medida, es repetir el proceso de medición y tomar el promedio de los resultados como valor más probable.

Respuestas a los ejercicios

1.1]
Magnitudes nombradas: frecuencia, tiempo. Podríamos incluir velocidad de la computadora, definiendo la unidad de medición. (por ejemplo MIPS).
Unidades nombradas: (giga)hertz, (mili)metro
Magnitudes implícitas: longitud.
Unidades implícitas: segundo, MIPS.

1.2] 10^{-9} MV

1.3] 4,67 x 10^{-26} kg

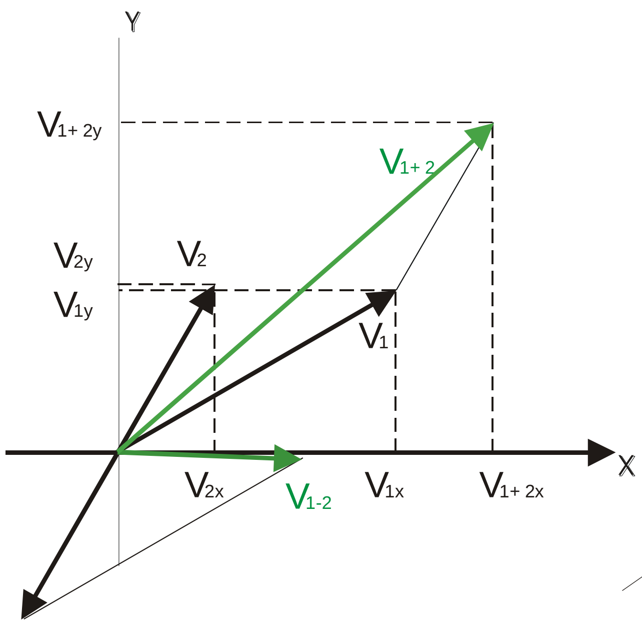
1.4]
$\mathbf{V_{1x}}$= 5xcos30 = 4,33 ; $\mathbf{V_{1y}}$= 5xsen30 = 2,50
$\mathbf{V_{2x}}$= 3xcos60 = 1,50 ; $\mathbf{V_{2y}}$= 3xsen60 = 2,60

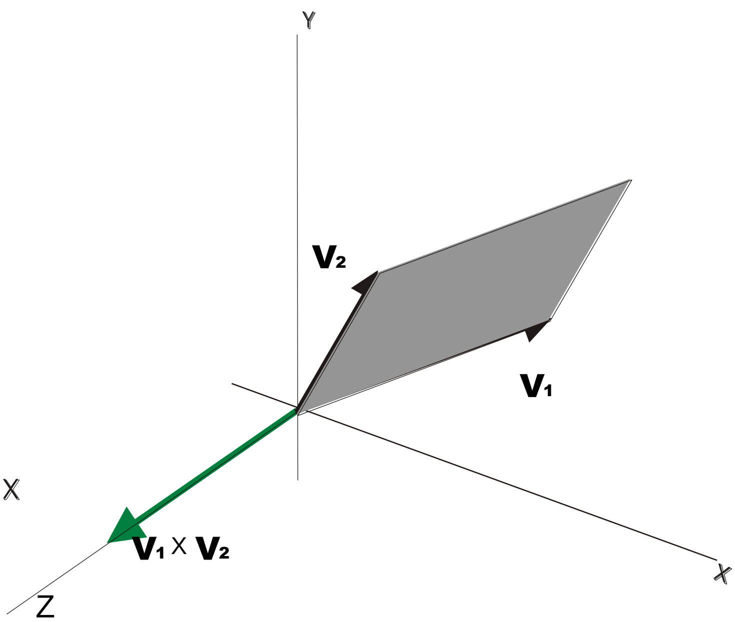
$\mathbf{V_{1+2x}}$= 5,83 ; $\mathbf{V_{1+2y}}$= 5,10., que es una forma de expresar el resultado de la suma, mediante el valor de las componentes ortogonales. También, teniendo en cuenta que:

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{V_{1+2y}}{V_{1+2x}} = 0{,}87 \qquad \text{entonces,} \qquad \alpha = 41{,}02^{\mathrm{o}}$$

siendo α el ángulo que forma el vector resultante con el eje "x". Ésta sería la forma de explicitar el ángulo, en la misma forma en que lo hace el enunciado.

$\mathbf{V_{1-2x}}$= 2,83 ; $\mathbf{V_{1-2y}}$= - 0,1
$\mathbf{V_1.V_2}$= 5x3xcos30 = 13,05 (magnitud escalar)
$\mathbf{|V_1xV_2|}$= 5x3xsen30 = 7,5 (magnitud vectorial)





1.5]
Duración del proceso: Es imposible de saber. La pregunta no tiene sentido.
Valor más probable: Convencionalmente se toma el promedio aritmético de todas las determinaciones. En este caso 2,319 segundos.
Otro instrumento: La determinación nº 2 se aparta mucho del promedio. Posiblemente haya sido realizada en otras condiciones.

MAGNITUDES Y UNIDADES: Mapa Conceptual