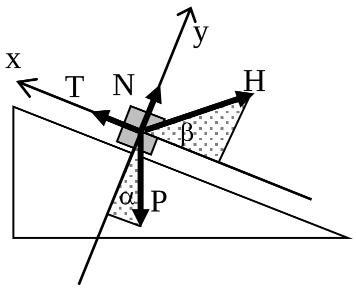
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – UNT

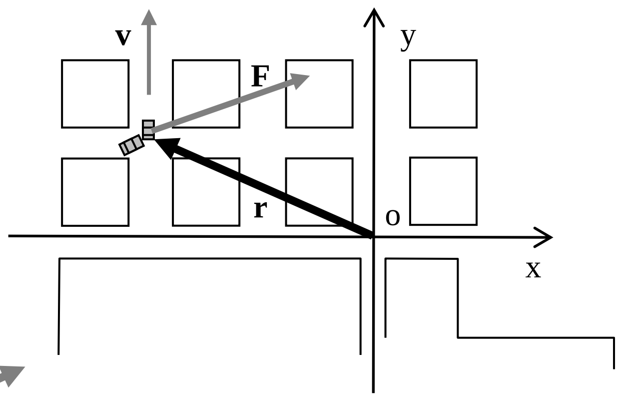
CURSO DE AMBIENTACIÓN Y ARTICULACIÓN 2021

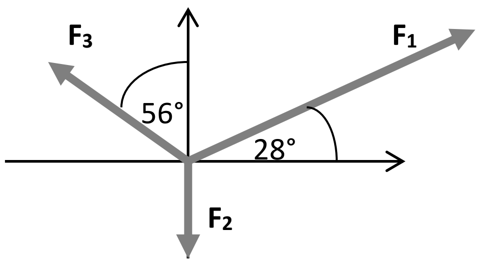
FÍSICA

CAMBIO DE UNIDADES

PARTE TEÓRICA







Autor: Gastón Tannuré

MAGNITUDES, SISTEMAS DE UNIDADES Y CAMBIO DE UNIDADES.

En física existe una buena cantidad de "magnitudes físicas". Estas magnitudes físicas son "entes" o "cosas" abstractas que uno le puede medir a objetos, sustancias o fenómenos físicos que ocurren en el universo. Cada una de estas magnitudes tiene una unidad de medida (algunas magnitudes físicas llamadas "adimensionales" no tienen unidades a priori aunque a algunas las adimensionales se le asocia muchas veces una unidad de prepo); una unidad inventada para poder medir esa magnitud. En realidad, cada una de estas magnitudes tiene varias unidades de medida ya que en la evolución de la humanidad existieron diferentes culturas (y cada una de ellas puede haber inventado su propia unidad de medida), o diferentes tiempos de evolución que pudieron haber ido modificando esas unidades o cambiándolas por otras mejores. Con la comunicación y la globalización tan presentes en estos días, la humanidad algún día usará una única unidad de medida para la misma magnitud física (quizás en algunas décadas todos los humanos midamos la longitud solo en metros). Pero estos tiempos todavía están lejanos. Por el momento tenemos que trabajar con lo que hay, y lo que hay es un abanico de unidades para una determinada magnitud.

Algunos ejemplos de magnitudes y de las unidades en las que se mide son (¡un poco más abajo se explica por qué algunas están entre paréntesis y otras entre corchetes!):

El tiempo: se mide en segundos (s), pero también se mide en milésimas de segundo (ms), en semanas, en horas [h], en milenios o en días.

La longitud: se mide en metros (m), pero también existen otras unidades para medir la longitud, como ser, centímetros (cm), kilómetros (km), yardas, pies [feet o pie], pulgadas [inch o plg], millas [mi], años luz [a.l.], parsec [p.s.], etc.

La masa: se mide en kilogramos (kg), pero también se mide en centigramos (cg), hectogramos (hg), libras [lb] o en onzas [oz].

La superficie: se mide en metros cuadrados (m^2), pero también en centímetros cuadrados (cm^2), o en pulgadas cuadradas [$inch^2$], hectáreas, etc.

La velocidad: en metros sobre segundo (m/s) o en kilómetros por hora [km/h] o en millas por hora [mi/h].

La densidad: en kilogramos sobre metros cúbicos (kg/m^3), o en gramos sobre centímetros cúbicos (g/cm^3) o en onzas sobre pies cúbicos [oz/pie^3].

La fuerza: se mide en newtons (N), pero también en giganewton (GN), o también en dinas [dina], o también en libras fuerza [lbf] o en kilogramos fuerza [kgf].

La temperatura: en kelvin (K), en kilokelvin (kK), en grados Celsius [ºC], o en grados fahrenheit [ºF] o en rankine [R].

La energía: en joules (J), o en decajoule (daJ), pero también en calorías [cal], ergios [erg], kilowattshora [kWh], electrón volt [ev], o en unidades térmicas británicas [BTU].

La presión: en pascales (Pa), o en libras fuerza sobre pulgadas cuadradas [$lbf/inch^2$], o en atmósferas [atm], o en milímetros de mercurio [mmHg].

La potencia: en watts (W), en megawatts (MW), pero también en caballos de potencia [HP] o caballos de vapor [CV].

La amplitud ángular (que en realidad es adimensional): en radianes (rad), en miliradian (mrad) o en grados [º], o en minutos [´] o en grados centesimales [^{G}] o en revoluciones [rev].

Y podemos seguir con cada una de las magnitudes con la que trabaja la física actual. Como podemos ver el "abanico" es bastante extenso. Hay un gran "etcétera" en este campo.

Sin embargo, buena parte de la humanidad se está poniendo de acuerdo en usar un sistema de unidades común. Este sistema se llama Sistema Internacional de Unidades (en símbolos: SI). Argentina está adherida a este sistema por una ley de la década del 70 (siglo XX). Esa ley establece el SIMELA o Sistema Métrico Legal Argentino.

En los ejemplos que dimos más arriba donde enumerábamos magnitudes y sus unidades, todas las unidades que están entre paréntesis corresponden al SI (o al SIMELA). Las otras unidades nombradas (que están entre corchetes) pertenecen a otros sistemas de medida.

La intención de este apunte es que usted aprenda a cambiar unidades dentro de un mismo sistema o de un sistema a otro.

Lo primero que debemos tener en cuenta al hablar de cambios de unidades es algo que quizás para muchos será obvio pero no queremos dejar de decirlo. Uno solo puede cambiar unidades del mismo tipo de magnitud. Esto significa que solo se puede cambiar unidades de longitud por otra unidad de longitud (por ejemplo de metros “m” cambiar a centímetros “cm”) o unidades de tiempo por otra unidad de tiempo (por ejemplo cambiar de segundos “s” a horas “h”).

Atención: no tiene sentido físico cambiar unidades de distintas magnitudes físicas. Por ejemplo NO se puede cambiar unidades de masa a unidades de velocidad (de kilogramos “kg” a metros sobre segundos “m/s”), o unidades de superficie a unidades de longitud (no se puede transformar metros cuadrados “m^2” a centímetros “cm”).

Para empezar veremos cómo está estructurado el sistema internacional y haremos cambios de unidades dentro de este sistema, y luego hablaremos de la conversión de unidades desde y hacia otros sistemas.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

En este sistema se definen las siete unidades fundamentales que se corresponden con a las siete magnitudes fundamentales sobre la cuales se estructura toda la física actual (¡en realidad hay un par de ellas con las que se está en duda si son fundamentales, pero hasta este año 2021, son estas!).

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Longitud	metro	m
Tiempo	segundo	s
Masa	kilogramo	kg (primero se definió el gramo!)
Temperatura	kelvin	K
Corriente eléctrica	ampere	A
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

Notas:

a) Aunque los nombres de las unidades van siempre con minúscula, los símbolos de las unidades que provienen de nombres propios de personas (apellidos generalmente) se escriben siempre con mayúsculas (por ejemplo A del apellido Ampere). Las otras siempre con minúsculas.

b) en el caso de la masa se definió previamente el gramo como unidad de masa, pero como después quedó “chico” se cambio a un múltiplo de esa unidad que es el kilogramo. Este es el único caso en el que una unidad fundamental actualmente lleva un prefijo (prefijo “kilo”).

c) No se dice “grado kelvin”, ni se escribe ºK eso es un error muy común en Internet.

d) El símbolo de la unidad candela es “cd”. Acá la letra “c” NO es el prefijo “centi”.

e) La unidad de cantidad de sustancia (también se le llama cantidad de materia) y su símbolo se escriben iguales (¡NO es un error de tipéo!)

f) Las unidades deben ser expresadas tal cual se indican en la tabla y sus símbolos no se acompañan con puntos. Lo correcto es “m” (metro), las formas incorrectas más usuales son “M” “m.”, “mts” o “mts.”. Otro ejemplo correcto es el “g” (gramo), y sus formas incorrectas “gr”, “Gr” o “g.”

Otras magnitudes físicas, las magnitudes físicas “derivadas” se logran combinando estas siete fundamentales, o con combinaciones de combinaciones, como por ejemplo:

Área: es un producto de dos longitudes. De allí que su unidad en el SI sea el m m = m^2.

Volumen: es un producto de tres longitudes. De allí que su unidad en el SI sea el m m m = m^3.

Velocidad: es un cociente entre longitud y tiempo. Unidad en el SI: m/s.

Densidad: es un cociente entre masa y volumen. Unidad en el SI: kg/m^3.

Fuerza: es una combinación entre masa, longitud y tiempo. Unidad kg m/s^2. Se lee “kilogramo por metro sobre segundos al cuadrado”. Sin embargo como esta combinación de unidades es larga y tediosa de nombrar, los físicos sintetizaron esa unidad en otra llamada newton cuyo símbolo es N. Decir “kg m/s^2” es lo mismo que decir “N”. Por ejemplo: una fuerza de 7800 kg m/s^2 es exactamente lo mismo que una fuerza de 7800 N. Esto facilita muchísimo la comunicación oral y escrita.

Energía: es una combinación también de masa, longitud y tiempo. Su unidad es el kg m^2/s^2. Igual que en el ejemplo de la fuerza, este grupo de unidades se sintetizó en el joule cuyo símbolo es J. Es decir que una cantidad de energía de 400 kg m^2/s^2, es lo mismo que 400 J.

Frecuencia: es las veces que ocurre algo por cada unidad del tiempo. Su unidad 1/s o lo que es lo mismo s^{-1}. Su síntesis es el Hertz cuyo símbolo es Hz. Una frecuencia de 340 Hz es lo mismo que 340 1/s.

Notas:

a) Generalmente las combinaciones de productos entre la misma unidad se escriben como potencias: m^3, m^2 o s^2. Y no como mmm, mm, o ss.

b) Las unidades que están como divisores en algunas expresiones se suelen poner con exponentes negativos. Por ejemplo: $1/s = s^{-1}$ o $kg/m^3 = kg\ m^{-3}$.

MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS DE LAS UNIDADES. PREFIJOS

El sistema internacional tiene la ventaja de aceptar múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales y de las unidades derivadas. En particular el SI maneja múltiplos y submúltiplos “decimales” de la unidad (esto es…crecen o decrecen de 10 en 10; o, como ya se verá enseguida, de 1000 en 1000 en el caso de los últimos múltiplos y submúltiplos incorporados).

También el SI ha definido unos símbolos que se agregan delante del símbolo de la unidad y que representan la proporción respecto a la unidad. Estos símbolos se llaman “prefijos” (¡”pre” porque se escriben delante!) y se los muestra a continuación junto con su nombre y su factor de proporcionalidad respecto a la unidad del SI:

Prefijo	Nombre	Factor de proporción	
E	exa	$x10^{18}$	(léase "por diez a la dieciocho")
P	peta	$x10^{15}$	
T	tera	$x10^{12}$	
G	giga	$x10^{9}$ = x1.000.000.000	
M	mega	$x10^{6}$ = x1.000.000	
k	kilo	$x10^{3}$ = x1000	
h	hecto	$x10^{2}$ = x100	
da	deca	$x10^{1}$ = x10	
UNIDAD	------	$x10^{0}$ = 1	
d	deci	$x10^{-1}$ = 0,1 = ÷10 = x 1/10	
c	centi	$x10^{-2}$ = 0,01 = ÷100 = x 1/100	
m	mili	$x10^{-3}$ = 0,001 = ÷1000 = x 1/1000	
μ	micro	$x10^{-6}$ = 0.000001	
n	nano	$x10^{-9}$ = 0.000000001	
p	pico	$x10^{-12}$	
f	femto	$x10^{-15}$	(léase "por diez a la menos quince")
a	atto	$x10^{-18}$	

Notas:

a) En el esquema anterior, la unidad puede ser cualquiera, por ejemplo, si es el metro (m) entonces la combinación del metro con los prefijos puede dar las siguientes unidades múltiplos o submúltiplos: cm (se lee centímetro), dam (decámetro), km, etc. Si la unidad es el newton (N), tendremos unidades como ser: GN (se lee giganewton…se pronuncia "jiganewton" y no "yiganewton"), mN, MN, etc. ¿Qué serían entonces las siguientes unidades?: ds, μK, mg, dm^3 daPa, fJ, mm^2, TW y nrad. ¡Piénselo!

b) En el caso de la masa tenga cuidado porque en la escala de prefijos se toma como unidad al gramo y no al kilogramo (¡siendo este último la unidad del sistema internacional!).

c) Estas relaciones de "10" son exactas: lo que queremos decir acá es que un decámetro es "exactamente" 10 metros. O un milisegundo es "exactamente" la milésima parte de un segundo. Esto es así porque es una definición

d) El prefijo "deca" se escribe con dos letras "da". No es un error de tipéo.

e) Todos los prefijos son letras latinas salvo el prefijo micro que es la letra griega minúscula "mu" y se escribe μ.

f) Los múltiplos más grandes que el "kilo" aumentan de 1000 en 1000. Y sus prefijos son letras mayúsculas.

g) Los submúltiplos más chicos que el "mili" decrecen de 1000 en 1000. Y sus prefijos son letras minúsculas.

h) Algunos prefijos le sonarán del mundo de la informática, como giga, mega, kilo o tera. Esta disciplina los adopto para el conteo de información digital. Pero con una sutil diferencia, para la informática no son múltiplos de 10 sino las potencias de 2 más cercanas a los múltiplos de 10. Por ejemplo el prefijo "kilo", en el contexto de la informática equivale a 1024 (que es 2^{10}). O sea que "1 kbyte" (léase kilobyte), en realidad son 1024 bytes.

¿Cómo se usan estos prefijos? Veamos algunos ejemplos que relacionan directamente los prefijos con las unidades. Esto nos facilitará luego la tarea de cambiar de unidades dentro del SI.

Ejemplos:

En estos cuatro primeros ejemplos se pasa de un múltiplo o submúltiplo a la unidad. Observe que solo cambiaremos el prefijo por su valor en potencias de 10.

a) 34 kN es equivalente a 34 x 10^3 N ("treinta y cuatro mil newton")

b) 86 ms es equivalente a 86 x 10^{-3} s ("cero coma cero ochenta y seis segundos")

c) 0,49 hPa es equivalente a 0,49 x 10^2 Pa ("cuarenta y nueve Pascales")

d) 56 μg es equivalente a 56 x 10^{-6} g

Razone muy bien los cuatro ejemplos que siguen donde se pasa de la unidad a un múltiplo o submúltiplo. Esto suele generar confusión porque la potencia de 10 que acompaña al cambio es opuesta a la que se dá en la tabla. Repetimos….piense bien por qué es así.

e) 43 m es equivalente a 43 x 10^3 mm

f) 0,347 K es equivalente a 0,347 x 10^{-9} GK

g) 0,056 J es equivalente a 0,056 x 10^{15} fJ

h) 12 W es equivalente a 12 x 10^{-6} MW

CAMBIOS DE UNIDADES DENTRO DEL PROPIO SISTEMA INTERNACIONAL (SI)

El método que enseñaremos en este curso podría llamarse "método de equivalencias" o "de sustitución". Al principio puede parecer complicado pero la práctica lo llevará a la excelencia en su uso. Existen otros métodos para cambiar unidades, pero nosotros no los enseñaremos en este curso (en la escuela secundaria se usa mucho un método donde la frase "correr la coma" es muy común pero… ¡tiene sus riesgos y es fuente de muchas equivocaciones!).

El método consiste simplemente en cambiar la unidad expresada en una medición por una unidad equivalente. Explicaremos lo anterior con algunos ejemplos porque nos parece más claro. Algunos ejemplos serán más complejos que otros, algunos usarán unidades sintetizadas como el Hz, otros usarán unidades elevadas a alguna potencia (como m^2) y en otros trabajaremos con unidades combinadas (como kg/m^3)

Ejemplo 1: Se quiere cambiar una masa de 14,5 kg (kilogramos) y se la quiere dejar expresada en gramos (g), ¿Cómo lo hacemos?

Primero buscamos la equivalencia entre kg y g. Como estamos ya familiarizados con los prefijos sabemos que el prefijo kilo (k) es lo mismo que decir 1000 o 10^3 y que "g" es la unidad entonces es lo mismo que decir 10^0. Entonces observamos que el kilogramo es 10^3 veces más grande que el gramo. Entonces sabemos que existe la siguiente equivalencia: 1kg = 10^3 g.

Ahora simplemente en la expresión "14,5 kg" donde dice "kg" (que es lo mismo que diga 1 kg, ya que multiplicar por uno no afecta el producto), reemplazamos por su equivalencia 1 kg = 10^3 g (la sustitución se muestra entre paréntesis). ¡Y listo!

En símbolos:

14,5 kg = 14,5 (1kg) = 14,5 (10^3 g) = 14,5 x 10^3 g

¡y este es el resultado del cambio de unidades! Serían unos 14500 g. Pero es mejor dejarlo expresado como 14,5 x 10^3 g ya que más adelante durante el cursado del año, aprenderá algo importantísimo en ciencias físicas y mediciones que se llama "cifras significativas". También es válido cambiar directamente el prefijo "k" por el valor 10^3.

Ejemplo 2: Se quiere cambiar una fuerza de 0,95 MN (meganewton) y se la quiere dejar expresada en decinewton (dN).

Primero buscamos la equivalencia entre MN y dN. Como podemos ver en la tabla de prefijos, "mega" es lo mismo que decir 1000000 o 10^6, también en la tabla vemos que "deci" es lo mismo que decir 10^{-1} o 0,1. Entonces vemos que el MN es 10^7 veces más grande que el dN. Por lo tanto sabemos que existe la siguiente equivalencia: 1MN = 10^7 dN (piense en esto claramente antes de seguir…desde 10^6 hasta 10^{-1} hay siete potencias de 10, lo que es lo mismo que decir 10^7).

Ahora simplemente donde dice "MN" (que es lo mismo que diga 1 MN), reemplazamos por 10^7 dN (la sustitución se muestra entre paréntesis). ¡Y listo!

En símbolos:

$0{,}95 \text{ MN} = 0{,}95 \text{ (1MN)} = 0{,}95 \text{ } (10^7 \text{ dN}) = 0{,}95 \times 10^7 \text{ dN}$

y este es el resultado del cambio de unidades. Serían unos 9500000 dN. Pero es mejor dejarlo expresado como $0{,}95 \times 10^7$ dN debido a lo que aprenderá en el año sobre "cifras significativas".

Ejemplo 3: Se quiere cambiar una presión de 251 mPa (milipascales) y se la quiere dejar expresada en hectopascales (hPa).

Primero buscamos la equivalencia entre mPa y hPa. Como podemos ver en la tabla de prefijos, "mili" es lo mismo que decir 0,001 o 10^{-3}, también en la tabla vemos que "hecto" es lo mismo que decir 10^2 o 100. Entonces vemos que el mPa es cien mil veces más pequeño que el hPa. Por lo tanto sabemos que existe la siguiente equivalencia: 1mPa = 10^{-5} hPa (piense en esto claramente antes de seguir…desde 10^{-3} hasta 10^2 hay cinco potencias de 10, lo que es lo mismo que decir 10^{-5}).

Ahora simplemente donde dice "mPa", reemplazamos por 10^{-5} hPa (la sustitución se muestra entre paréntesis). ¡Y listo!

En símbolos:

$251 \text{ mPa} = 251 \text{ (1 mPa)} = 251 \text{ } (10^{-5} \text{ hPa}) = 251 \times 10^{-5} \text{ hPa}$

Ejemplo 4: Se quiere cambiar una temperatura de $2{,}1 \times 10^6$ nK (nanokelvin) y dejarla expresada en K (kelvin). ¿Cómo resolvemos este cambio de unidades que tiene potencias de 10 en el número?

Lo primero que vamos a decir es que a la potencia de diez (10^6) que acompaña al "2,1", vamos a considerarla como parte del número. Esto es: el número que acompaña a la unidad nanokelvin es $2{,}1 \times 10^6$ y no lo tocaremos en el cambio de unidades. Quizás al final se pueda operar con esa potencia de 10. Veamos cómo hacerlo:

Buscamos en la tabla de prefijos la equivalencia de K a nK y vemos que 1 nK = 10^{-9} K. Entonces hacemos la sustitución.

En símbolos

$2{,}1\text{x}10^6 \text{ nK} = 2{,}1\text{x}10^6 \text{ (1 nK)} = 2{,}1\text{x}10^6 \text{ } (10^{-9} \text{ K}) = 2{,}1\text{x}10^6 \text{ } 10^{-9} \text{ K} = 2{,}1 \times 10^{-3} \text{ K}$

Y ese es el resultado del cambio de unidades. Como se ve en la última igualdad, operamos con las potencias de 10 pero no tocamos el número "2,1".

Ejemplo 5: Se quiere cambiar una frecuencia de 300 Hz (Hertz) y se la quiere dejar expresada en 1/cs (esto se lee "uno sobre centisegundos), ¿Cómo se hace?

Primero recordamos que la unidad Hz (que pertenece al SI) es una síntesis de la unidad 1/s. Entonces nosotros queremos cambiar 300 1/s y dejarlo expresado en 1/cs. Recordando los prefijos sabemos que centi (c) es lo mismo que decir 0,01 o 10^{-2}. Entonces sabemos que existe la siguiente equivalencia: 1cs = 10^{-2} s o lo que es lo mismo (¡piénselo!) 10^2 cs = 1 s.

Ahora simplemente donde dice “s” (que es lo mismo que diga “1 s”), reemplazamos por 10^2 cs. ¡Y listo!

En símbolos:

$300\ Hz = 300\ 1/s = 300\ 1/(1s) = 300\ 1/(10^2\ cs) = 300\ \ 1/10^2\ 1/cs = 300 \times 10^{-2}\ 1/cs$

Como puede verse se están aplicando propiedades de las “potencias de 10” ($1/10^2 = 10^{-2}$) de allí se obtiene el resultado del cambio de unidades. Serían unos 3 cs. Pero es mejor dejarlo expresado como 300×10^{-2} 1/cs, como ya dijimos.

Ejemplo 6: Se quiere cambiar una superficie de 0,0078 m^2 (expresada en metros cuadrados) y se la quiere dejar expresada en micrómetros cuadrados (μm^2), ¿Cómo hacemos esto que es más complejo ya que tiene la unidad elevada al cuadrado?

Primero buscamos la equivalencia de m a μm. De la tabla de prefijos sabemos que el metro (m) es la unidad (es decir 10^0 o 1) mientras que μ es 10^{-6}. Entonces sabemos que existe la siguiente equivalencia: 1 μm = 10^{-6} m, o lo que es lo mismo 1 m = 10^6 μm (¡piense en esto!).

Ahora simplemente donde dice “m”, reemplazamos por 10^6 μm (la sustitución se muestra entre paréntesis). La complicación acá es el cuadrado de la unidad…por favor preste atención.

En símbolos:

$0{,}0078\ m^2 = 0{,}0078\ (1\ m)^2 = 0{,}0078\ (10^6\ \mu m)^2 = 0{,}0078\ (10^6)^2\ (\mu m)^2 = 0{,}0078 \times 10^{12}\ \mu m^2$

Como se ve, se aplicó la propiedad distributiva de la potencia en la multiplicación y después se aplico potencia de potencia y este es el resultado del cambio de unidades. Serían unos 7800000000 μm^2.

Ejemplo 7: Se quiere cambiar una densidad de 8,9 g/cm^3 (léase gramos sobre centímetros cúbicos) y se la quiere dejar expresada en kilogramos sobre metros cúbicos (kg/m^3). Como se ve acá, la dificultad radica en que estamos por hacer dos cambios de unidades simultáneamente: de gramo a kilogramo y también de centímetros cúbicos a metros cúbicos. El método que usaremos es sencillo y basado en lo mismo de antes…la sustitución.

Primero buscamos la equivalencia de g a kg. Sabemos ya que es la siguiente: 1kg = 10^3 g o lo que es lo mismo 1 g = 10^{-3} kg. Luego buscamos la equivalencia entre m y cm, que ya sabemos es la siguiente 1 m = 10^2 cm o lo que es lo mismo 1 cm = 10^{-2} m.

Ahora simplemente donde dice “g” reemplazamos por 10^{-3} kg y donde dice “cm” reemplazamos por 10^{-2} m.

En símbolos:

$8{,}9\ g/cm^3 = 8{,}9\ (1\ g)/(1\ cm)^3 = 8{,}9\ (10^{-3}\ kg)/(10^{-2}\ m)^3 = 8{,}9\ [(10^{-3})\ kg]/[(10^{-2})^3(m)^3] =$

$= 8{,}9(10^{-3})\ /(10^{-2})^3\ kg/m^3 = 8{,}9\ 10^{-3}/10^{-6}\ kg/m^3 = 8{,}9 \times 10^3\ kg/m^3$

Como se ve, se aplicó la propiedad distributiva de la potencia en la multiplicación, después se aplico potencia de potencia y después se aplico cociente entre potencia de igual base (se restaron los exponentes). Y finalmente el resultado es 8,9 x10^3 kg/m^3.

Hemos tratado de abarcar en este apunte la mayor cantidad de casos con lo que usted se puede encontrar. Por supuesto que el método parece engorroso al principio pero después con la práctica se va tornando cada vez más sencillo y rápido.

CAMBIOS DE UNIDADES ENTRE DIVERSOS SISTEMAS.

Básicamente para cambiar una unidad del SI a unidades de otros sistemas (o viceversa), o para cambiar unidades entre sistemas en los que ninguno sea el SI, también usaremos el método de sustitución o equivalencias. Salvo la temperatura que es un caso especial que analizaremos un poco más adelante.

La diferencia será que las equivalencias entre unidades ya no la buscaremos en una tabla de prefijos como hicimos hasta ahora (dentro del SI) sino que tendremos que buscar bibliografía o valernos de internet para encontrar los datos necesarios para el cambio.

Por ejemplo nos han pedido que cambiemos el valor de una energía que está expresada en J (son “joules”…unidad del sistema internacional) a la unidad caloría (“cal”…unidad que no pertenece al SI).

Para esto no hay más remedio que buscar tablas de equivalencia entre estas dos unidades que no pertenecen al mismo sistema de medición. Seguramente encontraremos datos como este: 1 cal = 4,18 J (algunas veces aparece el signo equivalente que consiste en tres rayas horizontales 1 cal ≡ 4,18 J…pero es indistinto). Esto significa que una cantidad de energía de 1 caloría es lo mismo o equivalente a una cantidad de energía de 4,18 joules.

A la igualdad la podemos encontrar también expresada dando al joule como unidad y su equivalencia en calorías, que sería así: 1 J = 0,239 cal. La información es la misma. Es indistinto decir “1 cal = 4,18 J” que decir “1 J = 0,239 cal” (piense en ello…para estar seguro de que es lo mismo le sugerimos pasar dividiendo el factor numérico).

Estas igualdades generalmente no son exactas sino que están “redondeadas” para facilitar el cálculo y puede ocurrir que fuentes diferentes de información nos den igualdades ligeramente diferentes (a diferencia del SI donde por definición los múltiplos y submúltiplos son partes exactas, por tomar un ejemplo un metro es “exactamente” igual a 100 centímetros).

Entonces como cambiamos unidades entre sistemas? Veámoslo con varios ejemplos:

Ejemplo 1: Se quiere cambiar una energía de 22,6 cal (calorías) y se la quiere dejar expresada en J (joule), ¿Cómo lo hacemos?.

Primero buscamos la equivalencia en tablas. Encontramos lo siguiente en un libro 1 cal = 4,18 J .

Ahora simplemente donde dice “cal” (que es lo mismo que diga “1 cal”), reemplazamos por 4,18 J (la sustitución se muestra entre paréntesis). ¡Y listo!

En símbolos:

22,6 cal = 22,6 (1 cal) = 22,6 (4,18 J) = 94,5 J

y este es el resultado del cambio de unidades. Atención: en realidad en la calculadora da 94,468 J pero solo se escriben tres dígitos (el 9, el 4 y el 5 que sale de un redondeo) porque el dato original solo presenta tres dígitos significativos (el 2, el otro 2 y el 6), esto tiene que ver con las “cifras significativas” que aprenderá en física y en laboratorio de física, y de las que ya hablamos antes en estos apuntes.

Ejemplo 2: Se quiere cambiar una presión de $4,6 \times 10^3$ Pa (pascales) y se la quiere dejar expresada en atm (atmósferas).

Primero buscamos la equivalencia en tablas. Encontramos lo siguiente en un libro 1 atm = $1,013\text{x}10^5$ Pa.

Como nuestra unidad original es el Pa, necesitamos una equivalencia que diga “1 Pa = …a tantas atm”. Eso es muy sencillo, de la equivalencia que encontramos en el libro “despejamos” el Pa, pasando $1,013\text{x}10^5$ dividiendo al otro miembro y obtenemos 1 Pa = $9,872\text{x}10^{-6}$ atm.

Ahora simplemente donde dice “Pa”, reemplazamos por $9,872\text{x}10^{-6}$ atm

En símbolos:

$4,6\text{x}10^3$ Pa = $4,6\text{x}10^3$ (1Pa) = $4,6\text{x}10^3$ ($9,872 \text{ x } 10^{-6}$ atm) = (4,6)(9,872) $10^3\ 10^{-6}$ atm = $45\text{x}10^{-3}$ atm

¡y listo! . Atención: en realidad en la calculadora da 0,0454112 atm pero solo se escriben dos dígitos (el 4 y el 5 que sale de un redondeo) porque el dato original solo presenta dos dígitos (el 4 y el 6).

Ejemplo 3: Se quiere cambiar una velocidad de 78,0 km/h (kilómetros sobre hora) y se la quiere dejar expresada en m/s (metros sobre segundos, que es del Sistema Internacional).

Primero buscamos la equivalencia en tablas de la unidad que no es del Sistema Internacional, que es la "hora" (en realidad la hora si figura en el SI pero como unidad auxiliar de uso muy frecuente. La consideramos acá como un caso especial ya que está relacionada con el segundo por medio de una relación sexagesimal y no decimal).

Encontramos lo siguiente en un libro 1 h = 3600 s.

Ahora simplemente donde dice "h", reemplazamos por 3600 s. Además, y lo que sigue si es parte del SI, sabemos que 1 km = 1000 m (prefijo "kilo").

En símbolos:

78,0 km/h = 78,0 (1 km)/(1 h) = 78,0 (1000 m)/(3600 s) = 78,0 (1000/3600) m/s = 21,7 m/s

y ya está hecha la conversión. Atención: en realidad en la calculadora da 21,666… m/s (periódico) pero solo se escriben tres dígito (el 2, el 1 y el 7 que sale de un redondeo) porque el dato original solo presenta tres dígitos (el 7, el 8 y el 0), recuerde "cifras significativas"

Ejemplo 4:

En este ejemplo, el más complicado que podemos presentarle, debemos cambiar una unidad del sistema internacional, que tiene prefijos, a otra unidad de otro sistema que no es el SI, y además se nos pide esa unidad con prefijos (Atención: otros sistemas de unidades también usan los prefijos decimales…no se confunda…eso no significa que pertenezcan al sistema internacional de unidades). Como si esto fuera poco…en los libros no encontramos la equivalencia directamente sino que encontramos dos equivalencias (pueden ser más) que nos van a servir. Veámoslo

Se nos pide que cambiemos una fuerza de 28,0 hN (hectonewton…obsérvese que tiene el prefijo hecto) y se la quiere dejar expresada en clbf (centilibrafuerza…también tiene prefijos…el prefijo "c" que es centi)

Primero buscamos la equivalencia entre N y lbf pero no la encontramos. Sin embargo encontramos dos equivalencias que nos pueden ser útiles, estas son: 1 N = 1 x 10^5 dina y también esta otra 1 lbf = 4,448 x 10^5 dina. (Recuerde que, aunque no figure en el libro, también podemos calcular sus inversas: 1 dina = 2,248 x 10^{-6} lbf)

Ahora simplemente comenzamos a hacer sustituciones…siga atentamente los cambios

28,0 hN = 28,0 (1hN) = 28,0 (10^2 N) = 28,0 x 10^2 N (cambio de prefijos)

28,0x10^2 N = 28,0x10^2 (1N) = 28,0x10^2 (1x10^5 dina) = 28,0x10^7 dina (cambio de sistema)

28,0x10^7 dina=28,0x10^7(1 dina) = 28,0x10^7 (2,248x10^{-6} lbf) = 629 lbf (cambio de sistema)

629 lbf = 629 (1 lbf) = 629 (10^2 clbf) = 629 x 10^2 clbf (cambio de prefijos)

Entonces 28,0 hN es lo mismo que decir 629 x 10^2 clbf.

Por supuesto que este último cambio de unidades que se hizo no aparecerá con frecuencia en el cursado de física de este año (¡quizás no aparezca nunca!). Sin embargo en su vida profesional usted se encontrará con una infinidad de sistemas de medidas, convenciones, cambios de unidades, etc, que tendrá que aprender a manejar con mucha atención. Como un "tip" le decimos que si en su vida profesional se encuentra muchas veces con este cambio de unidades que acabamos de realizar, usted puede encontrar la equivalencia dividiendo miembro a miembro la igualdad 28,0 hN = 629 x 10^2 clbf por uno de sus miembros y obtendrá la relación de una unidad con respecto a la otra. Por ejemplo dividiendo miembro a miembro en 28,0 hN se obtiene:

28,0 hN/28,0 hN = 629 x 10^2 clbf/28,0 hN

1 = 2,246 x 10^3 clbf/hN

o lo que es lo mismo pasando de miembro a la unidad hN:

1 hN = 2,246 x 10^3 clbf (que es la equivalencia buscada)

EL CASO ESPECIAL DE LAS UNIDADES DE TEMPERATURA

Al cambio de unidades de la magnitud física temperatura lo vamos a tratar como un caso especial. ¿A qué se debe esto?…. ¡ahora lo explicamos!

En todos los casos anteriores de magnitudes en los que hemos estado cambiando sus unidades, la cantidad "cero" (0) de esa determinada magnitud expresado en un sistema de unidades también vale "cero" (0) en cualquier unidad de otro sistema. Lo que estamos queriendo decir es que 0 J ("nada de energía en el SI") es también 0 cal ("nada de energía"). Y es también 0 BTU y es también 0 erg. En todos los casos y en todos los sistemas, si no hay energía, entonces hay un cero acompañado de cualquier unidad.

Otro ejemplo: una distancia de 0 pies ("nada de longitud"), es directamente transformable a 0 m (cero metros…nada de longitud), y es también igual a 0 mm, y a 0 km y a 0 plg.

Ahora otro ejemplo mostrado como ecuación y con unidades de masa de varios sistemas:

0 kg = 0 g = 0 lb = 0 oz = ¡nada de masa en cualquier sistema!

También tenemos que notar que tanto para hacer un cambio de unidades de una cierta "cantidad" de una magnitud física o para hacer un cambio de unidades de una "variación" de esa magnitud física se usa la misma equivalencia. Y esto es gracias a que los "ceros" de ambos sistemas de unidades coinciden.

Como siempre hacemos, damos un ejemplo explicativo. Lo haremos con la magnitud física energía.

Sabemos que 1 cal es equivalente a 4,18 J en el sistema internacional. O sea que podemos transformar las unidades de energía (y todas las otras vistas hasta ahora) tanto para un valor de energía dado como para un cambio de energía. Lo veamos con un ejemplo

Energía inicial:	Ei = 42 cal
Energía final:	Ef = 58 cal
Variación de energía	$\Delta E = E_f - E_i$ = 58 cal – 42 cal = 16 cal

Aplico el cambio en los tres renglones poniendo 4,18 J donde dice 1 cal y se obtiene:

Energía inicial:	Ei = 42 (4,18 J) = 175 J
Energía final:	Ef = 58 (4,18 J) = 242 J
Variación de energía	$\Delta E = E_f - E_i$ = 16 (4,18 J) = 67 J

Y los tres renglones son correctos (como se puede demostrar restando 242 J – 175 J)

¿Y cuál es el problema con los cambios de unidades de temperatura?

Con las unidades de temperaturas no ocurre todo lo anterior…un "cero" de temperatura en una determinada escala no es "cero" en otra escala. Por ejemplo " 0 ºC " (se lee cero grado Celsius!) es la misma temperatura que "273 K" (es un valor aproximado. se lee kelvin) y es la misma temperatura que "32 ºF" (grados fahrenheit) y es la misma que "489 R" (Rankine). Estas últimas dos unidades son anglosajonas y de muy poco o ningún uso en Argentina).

El párrafo anterior quiere decir que un valor igual a "0" de temperatura expresado en un sistema puede ser otro valor "distinto de cero" de temperatura expresada en otra unidad. Y esto no nos permite hacer el método de sustitución tan abiertamente como lo veníamos haciendo con las otras unidades.

En particular las escalas Kelvin y Rankine (esta última actualmente en desuso) son las más "inteligentes" por decirlo de alguna manera (de hecho la escala K es la aceptada en el Sistema Internacional de unidades). Ya que estas escalas tienen sus "ceros" coincidentes entre sí (0 K = 0 R) y es la temperatura en la que se supone que cesa todo movimiento molecular; lo que asociamos con temperatura "Cero Absoluto". Se llaman escalas absolutas y a sus símbolos no se los acompaña con el simbolito “grado” y tampoco se dice “grado kelvin”. Nota importante: Al tener estas dos escalas sus ceros coincidentes, si se puede cambiar unidades entre ellas con el método de sustitución y su equivalencia es 1 K = 1,8 R. La escala Rankine por estar en desuso ya no la nombraremos más en este apunte.

El problema que plantea el corrimiento del “cero” de diferentes escalas de temperaturas es muy sutil y por eso mismo debe tenerse muchísimo cuidado.

La escala más popular para usted (la conoce desde chiquito…cuando le tomaban la fiebre, o la ve todos los días en la televisión cuando dan el pronóstico del tiempo…) es la escala Celsius. Habrá escuchado “uh…tiene 39ºC de fiebre (se dice grados Celsius y no grados centígrados como dice mucha gente y que además es una redundancia)”. La escala anglosajona actualmente muy usada en países como EEUU es la escala Fahrenheit. Pero la escala de temperaturas aceptada por la comunidad científica actualmente es la escala Kelvin (que como principal ventaja NO presenta valores negativos…no hay nada más “frio” que 0 K).

Hasta que no se popularice la escala Kelvin y desaparezcan las otras (y para esto faltan realmente bastantes años), usted deberá preocuparse de entender los cambios de unidades entre ellas…es más le avisamos que se tendrá que preocupar por entenderlas para el parcial de Física de este año, ya que hay ecuaciones de física ¡que solo son válidas usando escalas absolutas de temperatura (como la Kelvin del SI)!

Además de la no coincidencia del “cero” en las diferentes escalas, se suma el tema de la equivalencia entre los “escalones” de aumento o disminución en las diferentes escalas. Por ejemplo un objeto que sufre un “aumento” de una unidad de temperatura en un sistema, por ejemplo aumenta 1 ºC (atención…dice “aumento de un 1 ºC ” …NO dice que la temperatura del objeto “es 1ºC”), no significa que aumentó también 1 ºF. En realidad aumentó 1,8 ºF (atención dice “aumentó” no que está a una temperatura de 1,8 ºF). Este factor “1,8” aparece en los libros frecuentemente como “9/5”.

Entonces en los cambios de unidades de temperatura tenemos que tener en cuenta estas dos cosas: 1) ubicación relativa de los ceros entre escalas y 2) relación entre las unidades frente a una variación de temperatura.

1) Correspondencia de las posiciones relativas de los “ceros” de cada escala (aproximados):

$T = 0$ ºC es la misma temperatura que $T = 273$ K y que $T = 32$ ºF

2) Relaciones de equivalencias entre una unidad de incremento o decremento de temperaturas.

$\Delta T = 1$ ºC es la misma variación que $\Delta T = 1$K y que $\Delta T = 1,8$ ºF

Nota: Se puede apreciar de la equivalencia anterior que “una variación de 1 ºF” es más pequeña que una “variación de 1 ºC”. Piense en ello.

Conocidas estas dos relaciones (entre los ceros y los “escalones” de cambio) queda como un desafío para usted encontrar a cuanto equivale el 0 K en las otras dos escalas y a cuanto equivale el 0 ºF en las otras escalas.

Ahora el ejemplo aclaratorio donde se pone de manifiesto toda la dificultad que se está intentando mostrar (para ello tenga a mano las transformaciones de unidades que hicimos en las hojas anteriores con las energías, y le permitirá ir dándose cuenta de las diferencias y dificultades)

Supongamos que tenemos dos temperaturas T_i y T_f, expresadas en grados Celsius:

Temperatura inicial: $Ti = 28$ ºC

Temperatura final: $Tf = 45$ ºC

Variación de temperatura $\Delta T = T_f - T_i = 45$ ºC – 28 ºC = 17 ºC

Ahora queremos expresar estos tres datos (T_i, T_f y ΔT) en kelvin (K) y luego también en ºF.

a) En kelvin:

Primero advierto que ΔT es una variación de temperatura, "cambió 17 ºC", pero como cada "variación" de un grado Celsius es también una "variación de 1 K" (no importa donde tengan el cero las escalas), entonces

ΔT= 17 ºC = 17 K (no cambió el número es "17" en ºC y "17" en K)

ΔT= 17 K

Sin embargo cuando quiero cambiar un valor de temperatura (por ejemplo T_i) tengo que recordar también donde está el cero de una escala con respecto a la otra y de cuanto en cuanto es el incremento (las sustituciones se muestran entre paréntesis):

$$T_i = 28\ ºC = 28\ ºC + 0ºC = 28\ (1ºC) + (0ºC) = 28\ (1\ K) + (273\ K) = 301\ K$$

Observe que decir que una temperatura es de T_i = 28 ºC, es como decir que se variaron 28ºC con respecto a una posición llamada 0ºC, entonces en este cambio de unidades se usa la equivalencia de unidades de los escalones (1 ºC = 1 K) y además el corrimiento del cero ya que una temperatura de 0ºC es la misma que una de 273 K.

Con una operación similar se obtiene T_f = 318 K.

Restando ambas por supuesto se obtiene el ΔT calculado más arriba:

$$\Delta T = T_f - T_i = 318\ K - 301\ K = 17\ K$$

b) En fahrenheit:

Advertimos que ΔT es un "cambió de 17 ºC", pero como cada "variación" de un grado Celsius es también una "variación de 1,8 ºF" (ver más arriba donde están las relaciones de incrementos), entonces

$$\Delta T = 17\ ºC = 17\ (1ºC) = 17\ (1{,}8\ ºF) = 30{,}6\ ºF$$

Sin embargo cuando quiero cambiar un valor de temperatura (por ejemplo T_i) tengo que recordar también donde está el cero de una escala con respecto a la otra y de cuanto en cuanto es el incremento

$$T_i = 28\ ºC = 28\ ºC + 0\ ºC = 28\ (1ºC) + (0\ ºC) = 28\ (1{,}8\ ºF) + (32\ ºF) = 82{,}4\ ºF$$

En esta ecuación de arriba se uso la equivalencia de unidades (1ºC=1,8 ºF) y además el corrimiento del cero ya que una temperatura de 0ºC es la misma que una de 32 ºF.

Con una operación similar se obtiene T_f = 113 ºF.

Restando ambas por supuesto que se obtiene el ΔT expresado en fahrenheit calculado más arriba:

$$\Delta T = T_f - T_i = 113\ ºF - 82{,}4\ ºF = 30{,}6\ ºF$$

Notas:

a) Queda como un desafío para usted como cambiar de otras unidades hacia el grado Celsius.

b) Recuerde estar muy atento si lo que cambia es el valor de una temperatura o lo que va a cambiar de unidades es un incremento o decremento de temperatura, ya que estas operaciones son diferentes.

¡Acá termina el apuntes sobre cambio de unidades…..!

Esperamos que haya sido de su agrado y que lo lleve como material de consulta permanente durante este año de trabajo.

Saludos…Gastón Tannuré.

PD: si encuentra algún error en el cuadernillo y/o quiere hacer una sugerencia, por favor hágalo a gastontannure@yahoo.com.ar

Gracias!!!