

Física y Química 2ºESO (también 3º y 4º ESO, repaso) Métodos de la Ciencia

J. F. G. H.¹

¹Space-time Foundation, Multiverse of Madness
Quantum TimeLord Virtual Academy

Earth planet
Milky Way Galaxy
Known Universe
Joki Multiverse

Método científico

¿Qué es el método científico?

¿Qué es el método científico?

- **Es un PROCEDIMIENTO para la adquisición, organización, comprobación y conservación (preservación) del CONOCIMIENTO.** Está basado en la INTUICIÓN, la LÓGICA, el PENSAMIENTO, la RAZÓN Y LA EXPERIENCIA.
- En cualquier momento, dicho procedimiento o método comunica o es capaz de comunicar sus resultados, de forma que se revisan y corrigen los posibles ERRORES.
- La corrección de errores y de los resultados (o del método) requiere la REPRODUCIBILIDAD y COMPROBACIÓN DE LOS DATOS o conclusiones de forma INDEPENDIENTE.
- En cualquier momento del proceso puede producirse la PUBLICACIÓN Y COMUNICACIÓN DE LOS RESULTADOS EN FORMA DE DATOS, o DESCUBRIMIENTOS, Y/O MODELOS/TEORÍAS/LEYES/PRINCIPIOS, incluso AXIOMAS en Matemáticas, O BIEN nuevas hipótesis o CONJETURAS.

- El método científico utiliza las Matemáticas desde entonces pero se fundamenta en la observación de la Naturaleza, los fenómenos naturales, las regularidades y anomalías que en ellos se producen. Está originado por la CURIOSIDAD.
- En general, podemos considerar que el método científico está formado por una serie de etapas o pasos.

Comentario: Los pasos o etapas del método científico no siguen necesariamente el orden anterior. Por ejemplo, uno puede comenzar con una teoría y estudiar posibles nuevos fenómenos a observar en vez de elaborar la teoría a partir de la síntesis de unos fenómenos u observaciones.

Los pasos del método científico

- 1. OBSERVACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES, sus PATRONES LÓGICOS/TEÓRICOS y las anomalías en los mismos.
- 2. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS CIENTÍFICAS, SIMULACIONES COMPUTACIONALES Y TEÓRICAS (en ordenadores, computadoras,...), mediante “experimentos mentales”/“thought experiments”/gedanken experiments.
- 3. Diseño y REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS, que nos proporcionan DATOS experimentales en laboratorios.
- 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS EXPERIMENTALES mediante pensamiento lógico, matemático y razonado o intuitivo.
- 5. ELABORACIÓN DE UN MODELO.
- 6. FORMULACIÓN DE UNA TEORÍA.
- 7. ESTABLECIMIENTO DE LEYES Y PRINCIPIOS.
- 8. ENUNCIADO DE AXIOMAS Y POSTULADOS.

Conjetura e hipótesis

- 1) Una **conjetura** es un modelo incompleto, o una analogía (comparación) con otro dominio. Ejemplos: el llamado desplazamiento hacia el rojo cosmológico está causado por la luz que pierde energía cuando viaja a través del espacio (conjetura de la “luz cansada”), las leyes de la Física son constantes en el tiempo y el espacio en todo el Universo (hipótesis de universalidad o uniformización), las especies evolucionan a estadios superiores (evolución).
- 2) Una **hipótesis** (o conjetura verosímil) es un modelo basado en todos los datos de un determinado dominio, sin contraejemplos e incorporando una nueva predicción que debe ser validada por hechos empíricos o experimentales (o bien lógico-formales en un sistema axiomático usado en las Matemáticas). Ejemplos: el envejecimiento mental puede ser retrasado mediante el uso del “úsalo o piérdelo”, “el desplazamiento hacia el rojo es un desplazamiento Doppler”.

- Una **teoría** es una hipótesis refrendada o validada con al menos un dato, idea o predicción no trivial. Ejemplos: relatividad, Cosmología del Big Bang, teoría de la Evolución, teoría cinético-molecular, teoría del caos,
- Una **ley** es una teoría que ha recibido validación en todas las posibles ramificaciones y formas, y que es conocida y válida hasta cierto nivel de exactitud o aproximación. Ejemplos: Mecánica newtoniana, gravitación universal, ley de Henry, leyes de la Termodinámica.

- Un **principio** es una ley verificada que usamos, sin demostrar, en la deducción de nuevas hipótesis o conjeturas, de nuevos fenómenos, por el método lógico-matemático-formal.
- Un **axioma** es una regla matemática aceptada como universalmente cierta o verdadera. Ejemplo: la propiedad conmutativa de la suma, la propiedad distributiva, la existencia de un elemento neutro, el axioma de elección,.. .

















- Un **modelo** es una representación o “imagen”, o aproximación simplificada, simplificación de un sistema (real o imaginario) que usamos para explicar su funcionamiento real (físico) o virtual (imaginario). Ejemplos: Modelo Estándar, Modelo Cosmológico Estándar, Modelo de Capas, Modelo de Bolas, Modelo de Cuerdas, Modelo de Thomson, Modelo de la partícula puntual. . .
- **Ciencia** es cualquier área del saber que usa el método científico (y no un sucedáneo) para obtener conocimiento. ¡Rechaza imitaciones! No son ciencias ni la Astrología (sí lo es en cambio la Astronomía), ni la religión, ni sectas como la Cienciología y muchas otras “pseudociencias”. Atención: esto no significa que la Ciencia pueda explicarlo todo, ni que esas otras áreas de la Humanidad como la Religión, la Mitología, o la superchería no puedan tener aplicaciones, en ocasiones bastante terribles. Generalmente las ciencias se dividen en **exactas o naturales** e **inexactas o sociales** (aunque es una división algo ad hoc y tal vez obsoleta ya en los tiempos en que vivimos, cada vez más matematizados).

- En todo laboratorio hay unas normas de seguridad que hay que aplicar para evitar accidentes o peligros mortales. Es similar a un trabajo con riesgo por lo que hay legislación al respecto. Además, internacionalmente, hay unos pictogramas de laboratorio que advierten de diferentes peligros a sustancias o situaciones.
- A continuación una selección de pictogramas usuales en la vida cotidiana y los laboratorios/trabajos usuales (hay más que estos, como ejercicio pueden buscarse otros pictogramas):





Pictogramas



Pictogramas(II)

	Materias Inflamables		Peligro en General
	Materias Explosivas		Radiación Láser
	Materias Tóxicas		Materias Comburentes
	Materias Corrosivas		Radiaciones No Ionizantes
	Materias Radioactivas		Campo Magnético Intenso
	Materias Suspensas		Riesgo de Tropiezo
	Vehículos de Mantenimiento		Riesgo Biológico
	Riesgo Eléctrico		Materia Nocivas o Irritantes

Pictogramas(III)

		bombona de gas	Gases a presión en un recipiente (gases comprimidos, licuados o disueltos). Algunos pueden explotar con el calor. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío, son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas.
		Calavera con tibias	Tóxicos: sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades producen efectos adversos para la salud. Pueden provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdida de conocimiento e, incluso, la muerte.
		Corrosión	Corrosivos: Pueden causar daños irreversibles a la piel u ojos, en caso de contacto o proyección.
 Xn Nocivos Xi Irritantes		Exclamación	Producen efectos adversos en dosis altas. También pueden producir irritación en ojos, garganta, nariz y piel. Provocan alergias cutáneas, somnolencia y vértigo.
		Peligro para la salud	Pueden ser: Cancerígenos (pueden provocar cáncer); Mutágenos (pueden modificar el ADN de las células); Tóxicos para la reproducción; Pueden modificar el funcionamiento de ciertos órganos, como el hígado, el sistema nervioso, etc., provocar alergias respiratorias o entrañar graves efectos sobre los pulmones..
 N		Medio ambiente	Peligroso para el medio ambiente: presentan o pueden presentar un peligro inmediato o futuro. Provocan efectos nefastos para los organismos del medio acuático (peces, crustáceos, algas, otras plantas acuáticas, etc.). Símbolo en el que no suele existir la palabra de advertencia pero, cuando existe, es siempre: "Atención".

Pictogramas(IV)

	E Explosivo: En determinadas condiciones, incluso sin presencia de oxígeno, la sustancia puede detonar o, bajo un calor intenso, explotar.		E Comburente: Productos químicos que en contacto con sustancias inflamables producen una reacción fuertemente exotérmica.
	F+ Extremadamente inflamable: Sustancias que a temperatura y presión normales son inflamables con el aire.		F Fácilmente inflamable: Productos que pueden inflamarse con aire a temperatura ambiente o sólidos que quemen con un contacto breve con una llama.
	T+ Muy tóxico: Productos que por inhalación o ingestión en cantidades muy pequeñas pueden producir efectos graves o crónicos.		T Tóxico: Productos que por inhalación o ingestión en cantidades pequeñas pueden producir efectos graves o crónicos.
	Xn Nocivo: Productos que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir efectos graves o crónicos.		Xi Irritantes: Productos que en contacto con la piel o la mucosa pueden producir una reacción inflamatoria.
	C Corrosivo: Productos que en contacto con tejidos vivos, como la piel humana, destruyen el tejido.		N Peligroso para el medio ambiente: Sustancias que pueden producir un efecto nocivo al medio ambiente.

Herramientas de laboratorio

Un laboratorio de Física hoy día es muy variado, además de poder ser también virtual. Instrumentos posibles de medida: telescopio, microscopios (incluso los electrónicos), manómetro, barómetro, teslómetro, multímetro digital, balanzas, osciloscopios, material de Electrónica y circuitería, klystrons, termómetros, calorímetros, cronómetros, cintas métricas, calibradores, y otros varios son instrumentos usuales y populares en los laboratorios de Física convencionales. En los laboratorios de Química, también en los usuales, podemos encontrar probetas, mecheros Bunsen, pipetas, matraces, reactivos químicos, . . . Este dibujo ayuda a entender la tipología de materiales en laboratorios de Química:

Herramientas de laboratorio



Partes o ramas de la Física y la Química

- Mecánica. Puede ser Mecánica de partículas y sistemas. Mecánica de fluidos y campos son lo que junto a la de partículas forman la Mecánica clásica.
- Astronomía, Astrofísica y Cosmología. La Radioastronomía, neutrínología y otras ramas recientes como la astronomía de ondas gravitacionales o de rayos cósmicos están incluidos aquí.
- Mecánica Cuántica.
- Óptica.
- Física de ondas.
- Geofísica.
- Físico-Química.
- Física biológica/Biofísica.
- Física de los sistemas complejos.

Partes de la Física y la Química

- Física no lineal.
- Electrónica.
- Electromagnetismo (parte de la Mecánica Clásica).
- Termodinámica.
- Física relativista.
- Física matemática o física teórica.
- Mecánica estadística.
- Física nuclear y de partículas (altas energías).
- Física atómica.
- Física molecular.
- Espectroscopía.
- Radiofísica.
- Teoría de (super)cuerdas y p-branas.
- Relatividad General.

- En la Química hay una división por áreas similar. Así, hablamos de Astroquímica, Química orgánica, Bioquímica, Química-Física, Química cuántica, Química molecular, Electroquímica, Termoquímica, Cinética química, Química de polímeros, Química atómica y nuclear, Química de las reacciones químicas y estequiometría, Química analítica, Química atmosférica,...
- Del estudio del movimiento se encargan dos partes de la Física: la **Cinemática** y la **Dinámica**. Juntas forman la Mecánica Clásica de partículas y sistemas de partículas. El modelo de la partícula puntual es usado habitualmente en Física. Aunque hoy día se pueden usar otros modelos (cuerdas y membranas) hasta cierto punto de sofisticación y entendimiento.

Magnitudes

En Ciencia, se llama **magnitud** a todo aquello que se puede medir. No toda variable matemática o física es necesariamente una magnitud a priori. Además, una magnitud, incluso aunque sea medible y cuantificable, puede NO ser directa o indirectamente observable. Observabilidad no equivale a medibilidad.

Tipos de magnitudes

Las magnitudes pueden estar cuantificadas solamente por un número. En tal caso se habla de magnitudes escalares. También se pueden definir aquellas magnitudes orientables, llamada magnitudes vectoriales. Más allá de los vectores existen magnitudes tensoriales (multidireccionales), de tipo polivectorial/multivectorial, multi-forma/poliforma y de tipo (super)(hiper)complejo (espinores, superespinores, twistores, supertwistores, hipertwistores, superhipertwistores, . . .).

Tipos de magnitudes(II)

Los tensores son generalmente tablas, cubos/prismas, hipercubos/hiperprismas de números con ciertas propiedades. Cuando a cada punto en un “espacio” abstracto o espacio “target” se le asocia un número, vector, tensor, . . . , hablamos entonces del concepto de **campo** escalar, vectorial, tensorial, . . . Existen diferentes clases de números: naturales, enteros, racionales, irracionales, reales, imaginarios, complejos, cuaterniónicos, octoniónicos (de Cayley), de Grassmann (números clásicos anticonmutativos o c-números), números p-ádicos, números adélicos (idélicos), números surreales, números hiperreales, números transfinitos, y algunos otros. Los campos $\phi(X)$ son generalmente un functor (o incluso un functor de alto orden) entre categorías: $\phi : X \rightarrow Y$, con $y = \phi(X)$.

Magnitudes básica y derivadas

En el año 2019, se redefinieron las unidades del S.I. en busca de una mejor y mayor precisión, también para resolver algunos problemas relacionados con la Metrología y las medidas de ciertas cantidades y magnitudes fundamentales o básicas. Las magnitudes fundamentales o básicas pasaron en 2019 a estar definidas en base a una “constante fundamental universal”. Se eligieron las 7 cantidades o constantes siguientes:

- La velocidad de la luz en el vacío (c).
- La constante de Planck (h).
- La frecuencia de la radiación de la transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de Cs-133 ($\Delta f(\text{Cs} - 133)$).
- La constante de Boltzmann (k_B).
- La carga eléctrica elemental del electrón (e).
- La constante de Avogadro (N_A).
- La eficacia luminosa K_{cd} de la radiación monocromática de 540 THz.

Tiempo(Time)

Tiempo es magnitud base en el S.I. Su símbolo dimensional es T . La unidad base es el segundo, definido como 9192631770 ciclos de la radiación de la transición hiperfina no perturbada fundamental del átomo de cesio-133. Matemáticamente:

$$1 \text{ Hz} = \frac{\Delta f(\text{Cs} - 133)}{9192631770} \text{ s}^{-1}$$

\leftrightarrow

$$1 \text{ s} = \frac{9192631770}{\Delta \nu(\text{Cs} - 133)}$$

(1)

Las 7 magnitudes base del S.I:

Longitud(Length)

Longitud es magnitud base en el S.I. Su símbolo dimensional es L . La unidad base es el metro definido como la distancia que recorre la luz en $1/299792458$ segundos. Equivalentemente, se define como el valor numérico fijo de la velocidad de la luz en el vacío, expresando la velocidad en metros por segundo, y el segundo definido relativo a la definición de la frecuencia $\Delta(Cs - 133)$. Esto da como valor exacto $c = 299792458m/s$, mientras que la longitud del metro queda definida en función de c y de $\Delta f(Cs - 133)$ como sigue:

$$1m = \frac{c}{299792458} s = \frac{9192631770}{299792458} \frac{c}{\Delta f(Cs - 133)} \quad (1)$$

Las 7 magnitudes base del S.I:

Masa(Mass)

Masa es magnitud base en el S.I. Su símbolo dimensional es M . La unidad base es el kilogramo definido usando la constante de Planck $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$ como fija en unidades de $J \cdot s$ ó J/Hz , o bien $kg \cdot m^2/s$. Esto da como valor exacto de un kilogramo:

$$1 \text{ kg} = \frac{h}{6,62607015 \cdot 10^{-34}} \frac{s}{m^2} = 1,4755214 \cdot 10^{40} \frac{h \Delta f_{Cs}}{c^2}$$

(1)

Intensidad de corriente eléctrica(Electrical current intensity)

Intensidad de corriente eléctrica es magnitud base en el S.I. Su símbolo dimensional es I . La unidad base es el amperio A definido usando la constante definida por la carga elemental del electrón $Q(e) = e = 1,602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$ ($\text{A} \cdot \text{s}$) como fija. Entonces, el amperio se define mediante el factor de conversión:

$$1\text{A} = \frac{e}{1,602176634 \times 10^{-19}} \text{s}^{-1} \approx 6,789687 \cdot 10^8 e\Delta f_{Cs} \quad (1)$$

Las 7 magnitudes base del S.I:

Cantidad de sustancia(Amount of substance)

Cantidad de sustancia es magnitud base del S.I. Su símbolo dimensional es n . La unidad base es el mol (mol), definido como la cantidad de sustancia que contiene exactamente una cantidad igual a la constante de Avogadro N_A , fijada al valor $N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} mol^{-1}$. De aquí, un mol se define mediante el factor de conversión siguiente:

$$1 mol = \frac{6,02214076 \cdot 10^{23}}{N_A} \quad (1)$$

La cantidad de sustancia es una medida del número de entidades elementales en cualquier pedazo de materia. Puede ser de átomos, moléculas, iones, electrones o cualquier otra partícula o grupo de partículas que se especifique.

Temperatura absoluta(absolute temperature)

Temperatura absoluta es una magnitud base en el S.I. Su símbolo dimensional es T ó Θ . La unidad base es el grado kelvin K definido usando la constante de Boltzmann, expresada en J/K como $k_B = 1,380649 \cdot 10^{-23}$ como fija, o bien en unidades dimensionales del S.I. como $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$. Entonces, el kelvin (grado kelvin) se define mediante el factor de conversión:

$$1K = \frac{1,380649 \cdot 10^{-23}}{k_B} kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \approx 2,2666653 \frac{h\Delta f_{Cs}}{k_B} \quad (1)$$

Las 7 magnitudes base del S.I:

Intensidad luminosa(luminous intensity)

La intensidad luminosa en una dirección dada es una magnitud base del S.I. Su símbolo dimensional es I_L , o también I_v ó \mathcal{J} . La unidad base de intensidad luminosa es la candela cd , definida como la cantidad que, tomando como valor numérico fijo la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540THz, K_{cd} , ésta es 683 expresada en unidades de lúmens por vatio, $lm \cdot W^{-1}$, o bien en candelas por estereoradián entre vatio $cd \cdot sr \cdot W^{-1}$, o también $cd \cdot sr \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3$, donde el kilogramo, el metro, el segundo se definen mediante las constantes $h, c, \Delta f_{Cs}$. Con esta definición, tenemos que la candela es igual, usando $K_{cd}, h, c, \Delta f_{Cs}$ a:

$$1cd = \frac{K_{cd} \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{683 \text{ s}^3 \cdot \text{sr}} \approx 2,61483010 \times 10^{10} K_{cd} h [\Delta f_{Cs}]^2 \quad (1)$$

En el S.I. cualquier cantidad X es dimensionalmente igual a

$$[X] = M^a L^b T^c n^d \Theta^e I^f I_L^g \quad (2)$$

En el sistema C.G.S. o cegesimal, la unidad fundamental de longitud es el centímetro y la de masa es el gramo. Se mantiene el resto de unidades básicas en general. La dina es la unidad de fuerza, siendo el producto de 1 gramo por 1 cm/s^2 (galileo), dicha unidad de fuerza (1 dina). En el sistema técnico, el kilogramo-fuerza o kilopondio es la unidad de fuerza, manteniéndose el resto de unidades también en general.

Constantes de la naturaleza

- Constante de gravitación universal: $G_N = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.
- Constante de Coulomb y permitividad del vacío:
 $K_C = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 = 1/4\pi\epsilon_0$. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ ó F/m .
- Constante universal de los gases
 $R = 8,314 \text{ J}/\text{Kmol} = 0.082 \text{ atmL}/\text{Kmol}$.
- Permitividad magnética del vacío $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Wb}/\text{Am}$, o también
 $K_m = \mu_0/4\pi$.
- Masa del electrón $m_e = 0,511 \text{ keV}/c^2 \approx 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- Masa del protón $m_p = 6\pi^5 m_e \approx 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1836 m_e$.
- Masa del neutrón $m_n \approx m_p = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1839 m_e$.

Constantes de la naturaleza

- Aceleración en la superficie terrestre de la gravedad $g_0(\oplus) = g_{\oplus} = 9,81m/s^2$.
- Radio terrestre $R_{\oplus} = 6400km$.
- Densidad del agua a $4^{\circ}C$, $10^3kg/m^3 = 1g/cm^3$.
- Calor específico del agua: $c_e = 4180J/kgK = 1cal/gK$.
- Índice de refracción del agua líquida (media): 1.33.
- Masa molar del aire: $2,89 \cdot 10^{-2}kg/mol$. Densidad del aire 1.3kg/L.
- Constante de Stefan-Boltzmann: $5,67 \cdot 10^{-8}Wm^{-2}K^{-4} = \sigma_{SB}$.
- Constante de la ley de Wien: $C_W = 2,88 \cdot 10^{-3}K \cdot m$.
- Carga de un mol de electrones o constante de Faraday de la electrólisis: $1F = N_A e = 96485C/mol$.

Potencias múltiplo de 10 en el S.I.(2022)

Prefix/Prefijo	Scaling factor
$10^0 = 1$	∅: unit/unidad
$10^1 = 10$	deca (da)
$10^2 = 100$	hecta (h)
$10^3 = 1000$	kilo (k)
$10^6 = 1000000$	mega (M)
$10^9 = 1000000000$	giga (G)
$10^{12} = 1000000000000$	tera (T)
$10^{15} = 1000000000000000$	peta (P)
$10^{18} = 1000000000000000000$	exa (E)
$10^{21} = 1000000000000000000000$	zetta (Z)
$10^{24} = 1000000000000000000000000$	yotta (Y)
$10^{27} = 1000000000000000000000000000$	ronna (R)
$10^{30} = 1000000000000000000000000000000$	quetta (Q)
Googol= 10^{100} , googolplex= $10^{\text{googol}} = 10^{10^{100}}$	Sin símbolo

Potencias submúltiplo de 10 en el S.I. (2022)

Prefix/Prefijo	Scaling
$10^0 = 1$	Ø: unidad
$10^{-1} = 1/10 = 0,1$	deci (d)
$10^{-2} = 1/10^2 = 0,01$	centi (c)
$10^{-3} = 1/10^3 = 0,001$	mili (m)
$10^{-6} = 1/10^6 = 0,000001$	micro (μ)
$10^{-9} = 1/10^9 = 0,000000001$	nano (n)
$10^{-12} = 1/10^{12} = 0,000000000001$	pico (p)
$10^{-15} = 1/10^{15} = 0,000000000000001$	femto (f)
$10^{-18} = 1/10^{18} = 0,000000000000000001$	atto (a)
$10^{-21} = 1/10^{21} = 0,000000000000000000001$	zepto (z)
$10^{-24} = 1/10^{24} = 0,000000000000000000000001$	yocto (y)
$10^{-27} = 1/10^{27} = 0,000000000000000000000000001$	ronto (r)
$10^{-30} = 1/10^{30} = 0,000000000000000000000000000001$	quecto (q)

Notación científica y cifras significativas

Regla mnemotécnica: PEZYRQ-fazyrq para las últimas potencias.
Cualquier resultado numérico puro o de una medida, puede darse con la llamada notación científica:

Notación científica

$$Z = x.abcdef \cdots 10^{\pm n}$$

donde $x \neq 0$, y $abcdef \cdots$ son números arbitrarios.

Cualquier magnitud se indica mediante números. Y los números generalmente tendrán exactitud, precisión e incertidumbre. Una manera estándar de dar la precisión es mediante la combinación de la Se llaman cifras significativas al número e dígitos que conozco con seguridad. En la notación científica, el número de c.s. equivale al número de dígitos delante de la potencia de 10, siempre con parte entera no nula.

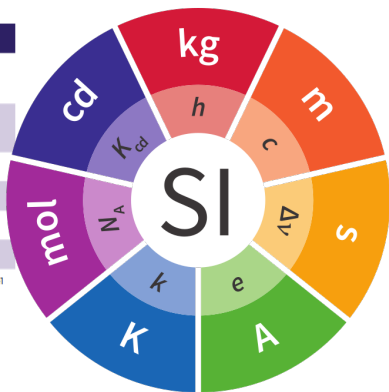
El nuevo S.I. (resumen circa 2020)

- En el año 2019, se redefinieron las unidades del S.I. en busca de una mejor y mayor precisión, también para resolver algunos problemas relacionados con la Metrología y las medidas de ciertas cantidades y magnitudes fundamentales o básicas.
- Las magnitudes fundamentales o básicas pasaron en 2019 a estar definidas en base a una “constante fundamental universal”. Se eligieron las 7 cantidades o constantes siguientes:
 - La velocidad de la luz en el vacío (c).
 - La constante de Planck (h).
 - La frecuencia de la radiación de la transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de Cs-133 ($\Delta f(\text{Cs} - 133)$).
 - La constante de Boltzmann (k_B).
 - La carga eléctrica elemental del electrón (e).
 - La constante de Avogadro (N_A).
 - La eficacia luminosa K_{cd} de la radiación monocromática de 540 THz.
- Estas 7 magnitudes básicas definen el S.I. El resto serán magnitudes derivadas, dimensionalmente $[X] = L^a M^b T^c \Theta^d n^e J^f I^g$

El nuevo S.I./The new S.I.

Defining constant	Symbol	Numerical value	Unit
hyperfine transition frequency of caesium	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
speed of light in vacuum	c	299 792 458	m s^{-1}
Planck constant	h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
elementary charge	e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
Boltzmann constant	k	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J K^{-1}
Avogadro constant	N_{A}	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
luminous efficacy	K_{cd}	683	lm W^{-1}

Table 1: The seven defining constants of the SI, and the seven corresponding symbols, numerical values, and units



Factores de conversión multiplicativos

$$X = X \frac{a}{b} \frac{c}{d} \dots$$

Factores de conversión aditivos

$$X = Y \pm k = Z \pm k' = \dots$$

Proporcionalidad directa e inversa. Gráficas

Dos magnitudes son directamente proporcionales si su cociente es constante (la gráfica de X vs. Y es una recta): $Y = kX$, $\frac{Y}{X} = k$.

Dos magnitudes son inversamente proporcionales si su producto es constante (la gráfica Y vs. X es una curva de tipo hipérbola):

$$XY = k, Y = k/X.$$

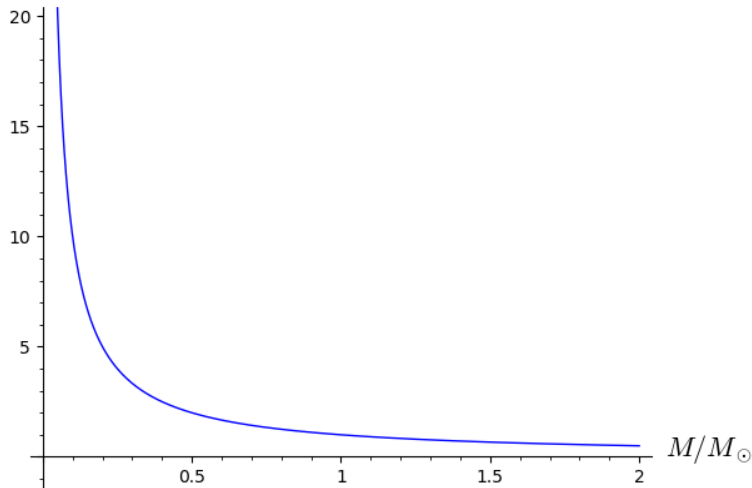
El análisis dimensional y las proporciones o leyes de potencias son útiles para la didáctica de gráficas de datos. ¿Dónde encontramos ejemplos interesantes? ¡Física y Química de agujeros negros!

- Black hole Chemistry? ¿Química de agujeros negros?
- Via power laws (cf. ideal gas laws)/Via leyes de potencias (cf. leyes de los gases ideales) . . .

Proporción y análisis dimensional

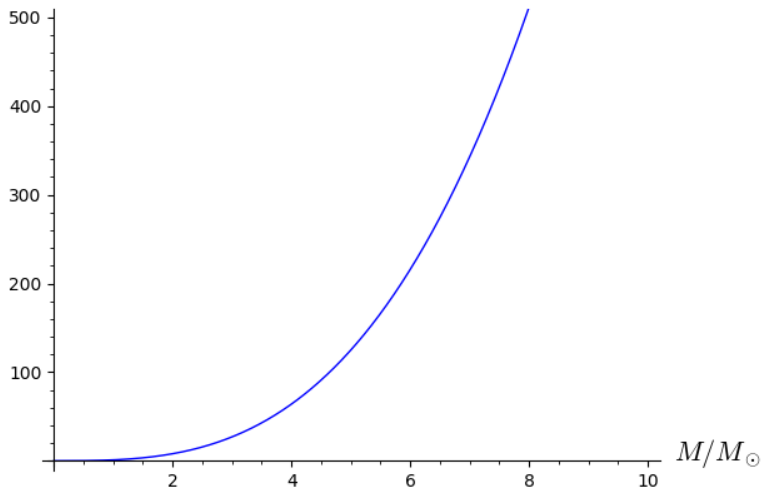
$$\frac{8\pi G k_B T}{\hbar c^3}$$

Black hole temperature, in certain units $T = \frac{\kappa_g}{M}$



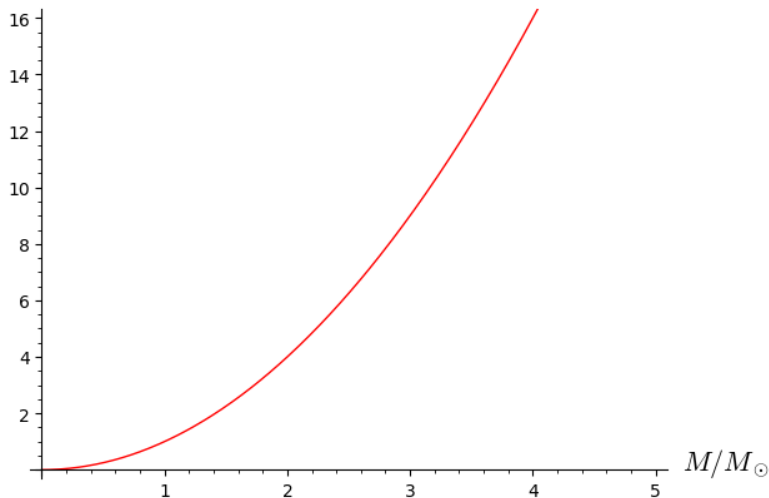
Proporción y análisis dimensional

$$\frac{\hbar c^4 \alpha_e t_e}{5120 \pi G^2} \text{ Black hole evaporation time in certain units, } t_e = KM^3$$

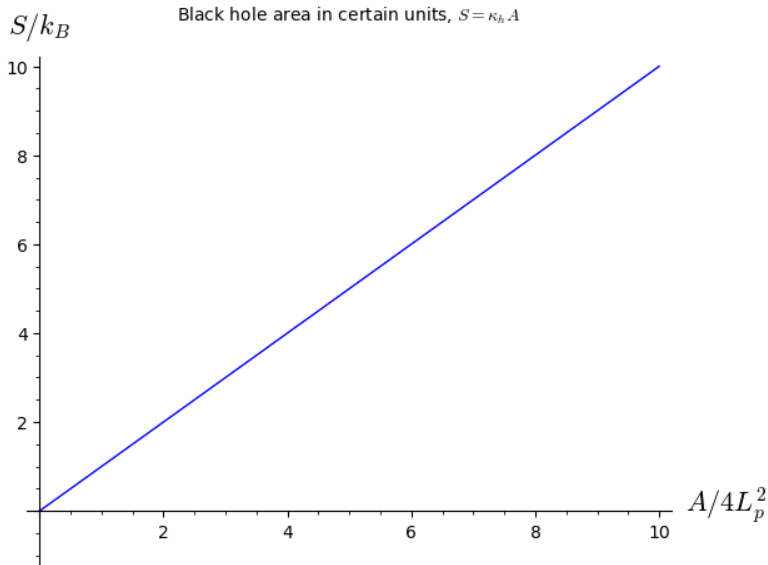


Proporción y análisis dimensional

$\frac{S}{k_B \xi}$ Black hole entropy in terms of mass, in certain units $S = \kappa M^2 / M_\odot^2$



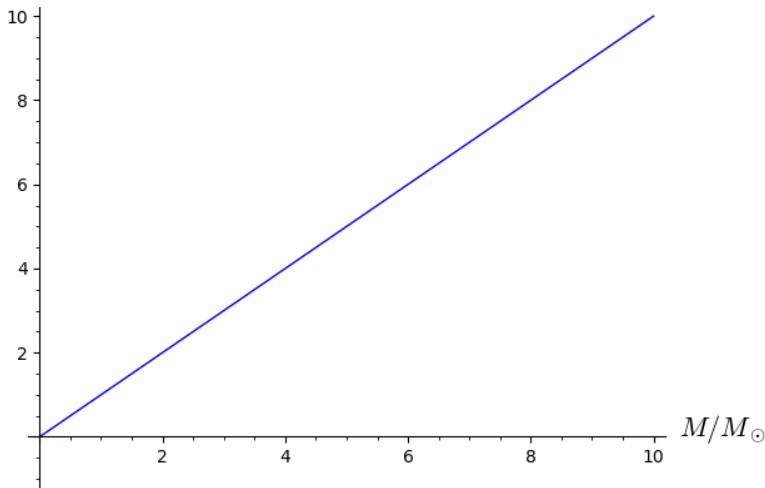
Proporción y análisis dimensional



Proporción y análisis dimensional

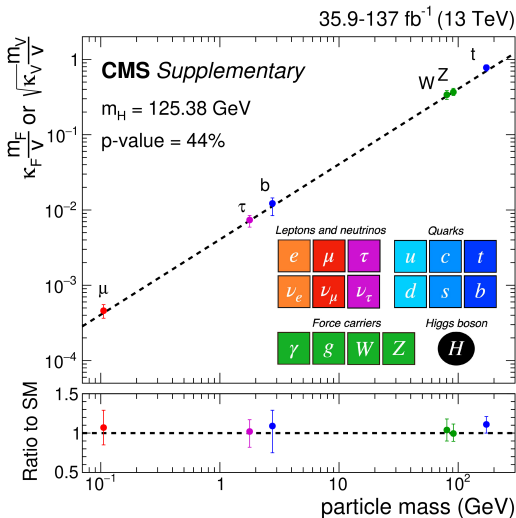
$$\frac{c^3 t_S}{\pi G}$$

Time to singularity in certain units, $t_S = \kappa M$



Proporción y análisis dimensional

Higgs (2012-2022): acoplos y masa de fermiones y bosones vectoriales



Gracias por vuestra atención



Figura 1: Loki is pleased!

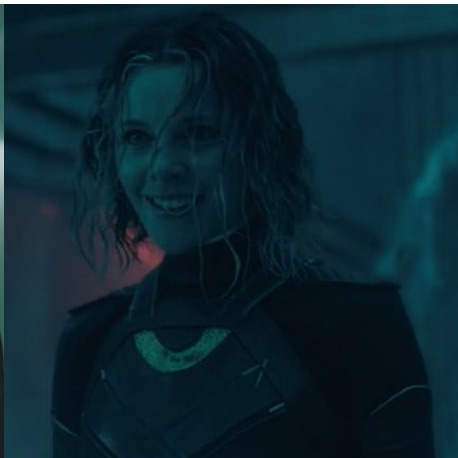


Figura 2: Sylvie is pleased!