

DESARROLLO HISTÓRICO DE LA FÍSICA

José Juan López García

Días: 24, 25 y 26 de enero de 2023.

Temas: Tema 1.- ¿Qué es la Física?

Tema 2.- La Física clásica.

Tema 3.- La Física moderna.

Cód. Asig.	Asignatura	Grupo	CLAVE
72323017	Complementos de formación disciplinar en física y química	A(98970)	S323QQ

¿Qué es la Física?

La enseñanza de la Física es un cometido complicado principalmente por dos motivos. En primer lugar, cada persona utiliza caminos diferentes para **entender y adquirir los conceptos** necesarios en el desarrollo de las diferentes áreas de la Física, lo que dificulta la sistematización la enseñanza en esta disciplina. Se suele decir que los mejores docentes en Física son aquellos a los que les ha costado más “aprender” puesto que son conscientes de los puentes que han tenido que tender entre las realidades del mundo cotidiano y las abstracciones del mundo físico.

Por otro lado, su similitud con las estructuras matemáticas hace que, aunque aplicada a sistemas reales, en muchas ocasiones su formulación resulte muy abstracta y compleja. Numerosos estudios docentes realizados en los últimos años muestran que las **dificultades** que encuentran muchos alumnos a la hora de superar cursos de Física de diferentes niveles están **en los conceptos matemáticos utilizados** en el desarrollo más que en los conceptos Físicos en sí.

Por lo tanto, el reto de cualquier docente de Física hoy en día consiste en establecer diferentes caminos entre el mundo cotidiano y su representación en el mundo Físico, para facilitar la adquisición de los conceptos por parte del alumnado, y acomodar las herramientas matemáticas utilizadas al nivel del alumnado para el cual está siendo impartido el curso.

¿QUÉ ES LA FÍSICA?

Definición de Física y sus métodos.

Magnitudes físicas

Partes de la Física.

ORIGEN ETIMOLÓGICO DE LA PALABRA FÍSICA

GRIEGO

Phýsis = Naturaleza

Physikós= Relativo a la naturaleza

LATÍN

Physicus = Relativo a las Ciencias Naturales

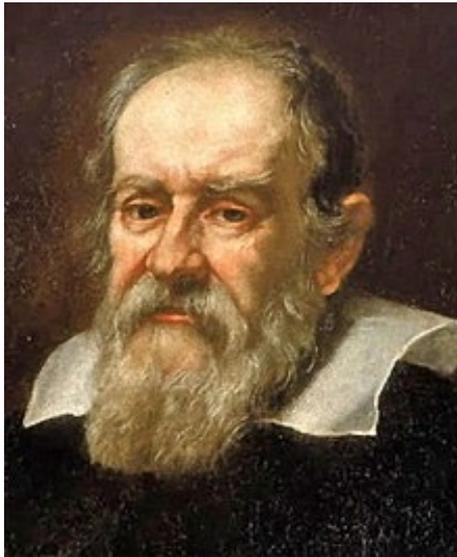
1ª Definición.- Los sistemas objeto de estudio por parte de la Física han ido cambiando (todavía hoy lo hacen) a lo largo de la historia. Esto hace que la definición de Física haya ido evolucionando para adaptarse a los diferentes campos que ha estudiado. Así, a pesar de ser una de las más antiguas disciplinas académicas, sino la más antigua, hasta el siglo XVII, la física era considerada como una parte de lo que ahora llamamos filosofía, química, y ciertas ramas de la matemática y la biología.

Ciencia encargada del estudio de todos los fenómenos naturales, entendiéndola en un amplio sentido como Filosofía Natural.

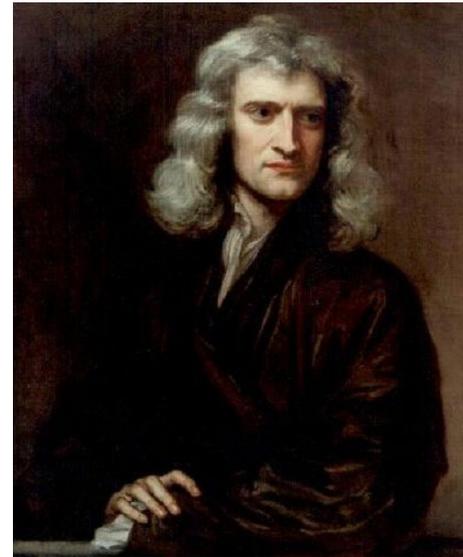
2ª Definición.- Durante la revolución Científica del siglo XVII la Física surge como una ciencia moderna independiente.

Ciencia que estudia los fenómenos físicos, definidos como aquellos que tienen lugar sin que cambie la naturaleza de las sustancias que participan en ellos

Esta definición trataba de trazar una frontera entre los sistemas objeto de estudio por parte de la Física y Química. Sin embargo es muy ambigua puesto que como sabemos en los procesos de desintegración nuclear, que estudia la Física Nuclear, cambia la naturaleza de las sustancias que intervienen.



Galileo Galilei



Isaac Newton

3ª Definición.- Dar una definición de Física hoy en día sigue entrañando muchas dificultades.

R.A.E. : Ciencia que estudia las propiedades de la materia y la energía, y las relaciones entre ambas.

Sin embargo esta definición es a la vez incompleta y ambigua. Así, además de la materia y la energía, la Física también se encarga del estudio del tiempo, el espacio, y de las interacciones entre estos cuatro conceptos entre sí. Esta es la razón por la que en muchos textos especializados la anterior definición aparece ampliada como:

Ciencia que estudia las propiedades de la materia, la energía, el espacio, y el tiempo, y las relaciones entre ellos.

Sin embargo esta definición tampoco es completamente exacta. Así, la Química Cuántica también se encarga de estudiar las propiedades de la materia, la energía, y las relaciones entre ambas y no forma parte de la Física.

Nosotros vamos a tratar de llegar a una definición simple del concepto de Física que se ajuste a los conceptos básicos que van a desarrollarse en un curso de bachillerato

MÉTODO CIENTÍFICO

Para tratar de definir de una forma más exacta lo que es la Física vamos a analizar en profundidad el método que utiliza para su desarrollo que se conoce con el nombre de **método científico**,

Método

Frente a los límites del **azar** o la casualidad que **en pocas ocasiones dan conocimiento** – ya sea conocimiento científico, del bien o, como indica Aristóteles en la *Ética a Nicómano*, del bien máximo que es la felicidad –, Platón y el mismo Aristóteles advertían de la necesidad de seguir un **método con un conjunto de reglas o axiomas que debían conducir al fin propuesto de antemano**. Sócrates, Platón y Aristóteles, entre otros grandes filósofos griegos, propusieron los primeros métodos de razonamiento filosófico, matemático, lógico y técnico.

Durante la época medieval, son los filósofos, físicos, matemáticos, astrónomos y médicos del mundo islámico quienes hacen suya, desarrollan y difunden la herencia de la filosofía griega – entre otros Alhazen, Al-Biruni y Avicena –. También se debe reconocer a quienes contribuyeron a la difusión de dicho conocimiento por Europa; figuras como Roberto de Grosseteste y Roger Bacon junto con la imprescindible labor de la Escuela de Traductores de Toledo.

Pero no sería hasta la edad moderna cuando se consolida una nueva filosofía natural. Descartes (1596-1650) en su obra el *Discurso del Método* define por primera vez las reglas del método *para dirigir bien la razón y buscar la verdad en las ciencias*. Aún con diferencias notables fueron muchos los que defendieron la necesidad de un método que permitiera la investigación de la verdad.

Desde un punto de vista puramente empírico o científico tal y como ahora lo entendemos se debe mencionar a precursores del método científico como Leonardo da Vinci (1452-1519), Copérnico (1473-1543), Kepler (1571-1630) y Galileo Galilei (1564-1642) quienes aplicaban unas reglas metódicas y sistemáticas para alcanzar la verdad. Galileo Galilei contribuyó a reforzar la idea de separar el conocimiento científico de la autoridad, la tradición y la fe. Por otro lado, desde la filosofía y la ciencia - entonces el conocimiento todavía era unitario y no estaba fraccionado - debemos mencionar, además de Descartes, a Francis Bacon (1561-1626) quien consolidó el método inductivo dando paso al empirismo, a Pascal (1623-1662), Spinoza (1632-1677), Locke (1632-1704), Malebranche (1638-1715), Newton (1643-1727), David Hume (1711-1776), Kant (1724-1804) y Hegel (1770-1831).

La filosofía reconoce numerosos métodos, entre los que están el método por definición, demostración, dialéctico, trascendental, intuitivo, fenomenológico, semiótico, axiomático, inductivo, etc

Científico

Científico, por su parte, es el adjetivo que menciona lo vinculado a la ciencia (un conjunto de técnicas y procedimientos que se emplean para producir conocimiento). El método científico, por lo tanto, se refiere a la serie de etapas que hay que recorrer para obtener un conocimiento válido desde el punto de vista científico, utilizando para esto instrumentos que resulten fiables. Lo que hace este método es minimizar la influencia de la subjetividad del científico en su trabajo.

El método científico está basado en los preceptos de falsabilidad (indica que cualquier proposición de la ciencia debe resultar susceptible de ser falsada) y reproducibilidad (un experimento tiene que poder repetirse en lugares indistintos y por un sujeto cualquiera). En concreto, podemos establecer que el citado método científico fue una técnica o una forma de investigar que hizo acto de aparición en el siglo XVII. Se trata de una iniciativa que tiene como pionero al gran astrónomo italiano Galileo Galilei, que está considerado como el padre de la ciencia gracias al conjunto de observaciones de tipo astronómico que realizó y también a su mejora del telescopio.

Existen diferentes métodos científicos y su sistematización es una materia compleja y difícil. No existe una única clasificación, ni siquiera a la hora de considerar cuántos métodos científicos distintos existen. A pesar de ello se pueden generalizar una serie de pasos o etapas presentes en la mayoría de casos

**MÉTODO
CIENTÍFICO**

- Observación y experimentación.
- Elaboración de un modelo teórico-matemático.
- Comprobación experimental.

Hoy en día la mayoría de las ramas del conocimiento utilizan para su desarrollo el método científico. No obstante las características de los campos de estudio de la Física presentan una serie de singularidades que particulariza el esquema general del método científico como sigue:

1.- En Física la primera etapa suele ser la observación de los fenómenos naturales, es decir, rara vez esta etapa se basa directamente en la experimentación. Así muchos descubrimientos en Física se han realizado por casualidad. Otra característica que distingue a la Física de otras ramas del saber es que los observables son rigurosamente definidos y representados mediante magnitudes físicas que no admiten ambigüedad.

2.- Las hipótesis de las relaciones causa efecto observadas se expresan siempre mediante expresiones matemáticas perfectamente cuantificables. Además, en una rama de la física, todos los fenómenos observados pueden explicarse a partir de un número pequeño de ecuaciones o hipótesis (3 o 4 como máximo), de tal manera que todas las teorías se estructuran de forma axiomática alrededor de dicho cuerpo de ecuaciones y todos los fenómenos se deducen como teoremas o resultados a partir de ellas.

3.- La particularidad de la Física en la fase de comprobación experimental de las hipótesis realizadas en el paso dos consiste en comprobar la existencia de nuevos fenómenos predichos por las teorías desarrolladas en el apartado 2. Así, por ejemplo, las predicciones que hacía la teoría de la relatividad general de Einstein sobre la deformación del espacio-tiempo (1915) fueron comprobadas en 1922, siete años más tarde de que Einstein publicara su teoría. Otro ejemplo lo constituye el famoso Bosón de Higgs predicho en el modelo estándar de Física de Partículas desde los años 60 y que parece ser se ha observado recientemente. No obstante, con mucha probabilidad el ejemplo más espectacular lo constituye la propia teoría de la relatividad de Einstein que predice la existencia de ondas gravitacionales que han sido recientemente observadas.

Pero las leyes de la Física no sólo predicen la existencia de nuevos fenómenos u observables atribuibles a ella. También predice el comportamiento de otro tipo de sistemas. Así, en el año 1945 Schrödinger (1887-1961) publicaba un libro titulado "*¿Qué es la vida desde el punto de vista de la Física?*", el cual ejerció una influencia esencial en el desarrollo de la Biofísica y Biología molecular. Schrödinger predecía en dicho trabajo que la molécula fundamental de la vida debía de ser un "cristal aperiódico con estructura de doble helice". Cristal para tener estabilidad y ser capaz de transmitir información de una generación a la siguiente, y aperiódico para poder almacenar una cantidad considerable de información, suficiente como para determinar el aspecto, la organización y las funciones de un ser vivo complejo. Diez años después, el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ácido dexosirribonucléico (ADN) por Watson y Crick confirmaría la genial intuición de Schrödinger.

Una vez hemos visto el método que sigue la Física y las diferencias que presenta respecto otros campos del conocimiento y asumiendo la enorme dificultad que entraña podemos definir que

La Física es la ciencia que estudia los procesos más fundamentales de la Naturaleza, es decir, aquellos procesos en los que los conceptos que intervienen son rigurosamente definibles y medibles, y las leyes que los rigen pueden ser enunciadas de forma exacta.

Aquí hay que entender por fundamentales no los más importantes, sino los más simples. De hecho una de las dificultades de la Física (fundamentalmente la Física Moderna) estriba en el hecho de diseñar experimentos en los que se aíse el fenómeno que se quiere estudiar de otros posibles fenómenos que afecten el resultado del experimento. Esto implica una primera fase de abstracción del fenómeno y posteriormente su planteamiento en forma de experimento lo más aislado posible.

En el concepto de Física al que hemos llegado se comenta que los conceptos que intervienen (magnitudes físicas) son rigurosamente definibles y medibles. Vamos a detenernos un poco en analizar que magnitudes de un sistema van a considerarse magnitudes físicas y cuales no.

Ciencia que estudia los procesos más fundamentales de la Naturaleza, es decir, aquellos procesos en los que los conceptos que intervienen son rigurosamente definibles y **medibles**, y las leyes que los rigen pueden ser enunciadas de forma exacta.

Magnitud Física

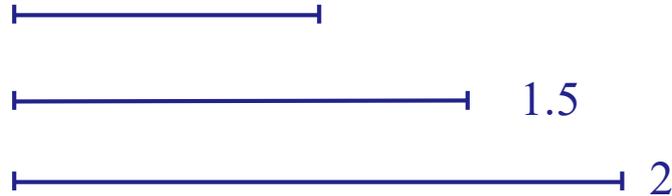
Magnitud física: \Rightarrow Cualquier *propiedad de un sistema* que puede ser *medida*.

Propiedad de un sistema \Rightarrow Todo aquello que es característico del sistema.

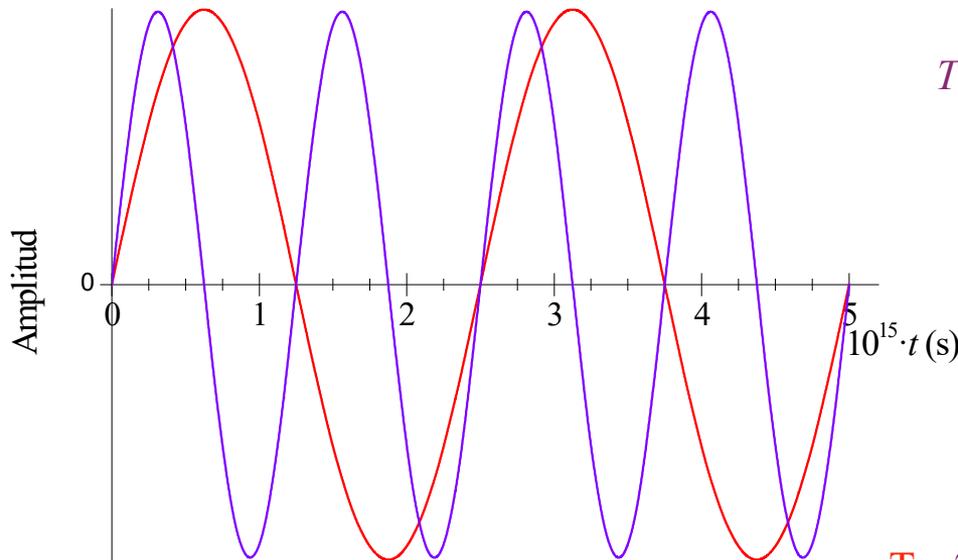
Medida \Rightarrow Comparación que puede expresarse de forma unívoca mediante un número.

Ejemplos de magnitudes Físicas

Longitud



Frecuencia de las ondas electromagnéticas y color de los objetos



$T_1=1.25 \cdot 10^{-15} \text{ s} , f_1=8 \cdot 10^{14} \text{ Hz} , \lambda_1=375 \text{ nm}$

Violeta

$T_2=2.5 \cdot 10^{-15} \text{ s} , f_2=4 \cdot 10^{14} \text{ Hz} , \lambda_2=750 \text{ nm}$

Rojo

$T_2=2 \cdot T_1$

$f_2=f_1/2$

Patrones de medida

Medida = comparación



Es necesario elegir un patrón de medida para cada magnitud física.

Los patrones de las diferentes magnitudes físicas se intentan definir de forma rigurosa y tratando que sean reproducibles de forma simple en cualquier lugar, lo cual no siempre es sencillo. Esto ha hecho que las definiciones de los patrones de algunas magnitudes cambien a lo largo de la historia:

Patrón (Magnitud)	Definiciones
Metro (Longitud)	Año 1889.- Longitud entre muescas de la barra de platino iridiado guardada en Sèvres, medida a 0 °C. Actualmente.- Longitud de la trayectoria de un rayo de luz en el vacío en un intervalo de tiempo de 1/299792458 de segundo
Segundo (Tiempo)	Antes.- 1/31556926 del año medio solar. Actualmente.- Es el tiempo que transcurre entre 9192631770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles energéticos hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio.
Kilogramo (masa)	Actualmente.- Es la masa del prototipo que se custodia en la oficina internacional de pesos y medidas de Sèvres cerca de París. En un futuro.- La gran precisión en contar unidades atómicas y moleculares por difracción de rayos X en sólidos monocristalinos puede aconsejar redefinir la unidad de masa a partir del mol y de la masa de un átomo concreto, desapareciendo así el último vestigio de los patrones artificiales.

Patrones de medida

No obstante hay muchas magnitudes para las que, aún en la actualidad, se utilizan diferentes patrones. Los motivos de este fenómeno son principalmente dos:

1.- Motivos históricos: Un hecho muy extendido es la existencia de diferentes patrones de medida para una misma magnitud física debido al descubrimiento simultáneo de dicha magnitud en diferentes lugares del mundo aislados unos de otros. Este fenómeno es muy notable en las magnitudes físicas que fueron descubiertas en primer lugar como la longitud o el peso y es menos importante en magnitudes físicas definidas en tiempos más cercanos como la intensidad luminosa.

2.- Utilización en diferentes campos: En otros casos, la utilización de diferentes patrones para medir una misma magnitud física está justificada por el enorme rango de valores que puede tomar dicha magnitud que aconseja considerar diferentes patrones dependiendo del sistema que queremos estudiar. Así, por ejemplo, en el caso de la longitud, podemos estar interesados en medir desde los diámetros de los núcleos atómicos (del orden de 10^{-15} m) hasta distancias entre galaxias en el universo (del orden de 10^{15} m). Lógicamente trabajar con números tan pequeños o tan grandes no es operativo y es mejor definir diferentes patrones de medida.

Patrones de medida

Un muchos casos, cuando una magnitud puede variar entre un rango muy grande de valores, se utiliza un patrón base afectado de un prefijo o un sufijo para variar cualquier posible valor de la magnitud.

Nombre	Símbolo	Valor
Yotta	Y	10^{24}
Zetta	Z	10^{21}
Exa	E	10^{18}
Peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}
Zepto	y	10^{-21}
Yocto	z	10^{-24}

Prefijos para los múltiplos y submúltiplos de las unidades del sistema internacional

Magnitudes dependientes e independientes.

En relación con las magnitudes físicas, es muy importante señalar que algunas de ellas son independientes pero otras pueden ser obtenidas, teniendo en cuenta las leyes de la Física, como una combinación de varias magnitudes independientes. Así, por ejemplo, si consideramos las magnitudes longitud, tiempo, y velocidad, tenemos que esta última se puede escribir como el cociente entre la longitud y el tiempo, siendo en este caso la longitud y el tiempo las magnitudes independientes y la velocidad la magnitud dependiente. Sin embargo, también podríamos elegir como magnitudes independientes la velocidad y el tiempo, y considerar la longitud, producto de la velocidad por el tiempo, como una magnitud dependiente.

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Magnitudes independientes: Espacio y tiempo.} \\ \text{Magnitud dependiente: Velocidad.} \end{array}$$

$$[s] = [v][t] \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Magnitudes independientes: Velocidad y tiempo.} \\ \text{Magnitud dependiente: Espacio.} \end{array}$$

$$[t] = \frac{[s]}{[v]} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Magnitudes independientes: Espacio y velocidad.} \\ \text{Magnitud dependiente: Tiempo.} \end{array}$$

Sistemas de unidades

Como hemos visto en el apartado anterior, para cada magnitud física se pueden elegir infinitos patrones de medida posible. Por otro lado, también vimos que algunas magnitudes físicas son independientes y el resto son dependientes (en el sentido de que pueden escribirse como una combinación de las independientes). En definitiva para definir todas las magnitudes físicas conocidas necesitamos decidir cuáles de las magnitudes vamos a considerar independientes y cuales dependientes y elegir un patrón de medida para las magnitudes que consideremos independientes. Estas dos elecciones nos llevarían a definir lo que se conoce con el nombre de un sistema de unidades.

En función de los patrones elegidos y de las magnitudes físicas definidas como independientes aparecen diferentes sistemas de unidades. De todos ellos el más utilizado a nivel internacional es el conocido como Sistema Internacional de Unidades (SI). Todos los países del mundo, excepto tres (Birmania, Liberia, y Estados Unidos), han adoptado en su legislación el Sistema Internacional de Unidades como prioritario o único.

Sistemas de unidades

Sistema	Magnitudes Fundamentales	Unidades
Sistema Internacional (SI)	Longitud Masa Tiempo Corriente eléctrica Temperatura Intensidad Luminosa Cantidad de Sustancia	Metro (m) Kilogramo (kg) Segundo (s) Amperio (A) Kelvin (K) Candela (cd) Mol (mol)
UEE (CGS)	Longitud Masa Tiempo Permitividad (ϵ)	Centímetro (cm) Gramo (gr) Segundo (s) $\epsilon_0=1/(4\pi)$
Técnico	Longitud Fuerza Tiempo	Metro (m) Kilopondio (Kp) Segundo (s)
Absoluto Inglés	Longitud Masa Tiempo Intensidad	Pie Libra-Masa Segundo (s) Amperio (A)

Partes de la Física

Como hemos visto la primera fase del método científico, fundamental en el desarrollo de la Física, implica la observación de un fenómeno natural. Como consecuencia, las diferentes ramas de la Física se han ido desarrollando conforme el ser humano ha sido capaz de ir percibiendo más información del mundo que nos rodea. Así, la división de la Física en diversas partes ha sido consecuencia de la curiosidad del hombre para indagar sobre el significado de los fenómenos naturales y su capacidad de percibirlos. Al principio, las únicas fuentes de información fueron sus sentidos y, por ello, clasificó los fenómenos observados de acuerdo a la manera en que los percibía.

FÍSICA CLÁSICA
(Finales del siglo XIX)

- Mecánica.
- Acústica.
- Termodinámica.
- Óptica.
- Electrostática.
- Magnetismo.

Partes de la Física

En muchas ocasiones el desarrollo del conocimiento ha descubierto que fenómenos que eran apreciados como diferentes por nuestros sentidos son, en realidad, distintas manifestaciones de un mismo fenómeno.

Acústica = Movimiento de ondas sonoras \Rightarrow Mecánica

Termodinámica = Movimiento de los átomos y moléculas que componen los sistemas materiales. \Rightarrow Mecánica
 \uparrow
Física Estadística

Electrostática = Deriva de una propiedad de la materia denominada carga. \Rightarrow Electromagnetismo

Magnetismo = Deriva de las cargas en movimiento.

Óptica = estudio de la luz (ondas electromagnética de frecuencias que estimulan el sentido de la visión). \Rightarrow Electromagnetismo

FÍSICA CLÁSICA
(Finales del siglo XIX) $\left\{ \begin{array}{l} - \text{Mecánica.} \\ - \text{Electromagnetismo.} \end{array} \right.$

Partes de la Física

En otras ocasiones, el avance en una determinada rama de la Física ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que a su vez han permitido la percepción de nuevos fenómenos naturales. Así, a finales del siglo XIX, el desarrollo de la Física clásica permitió el desarrollo de diferentes tecnologías que a su vez permitieron observar fenómenos no explicados por las ramas de la Física Clásica lo que dio lugar al desarrollo de nuevas ramas de la Física que se agrupan dentro de lo que se conoce de forma general con el nombre de Física Moderna. Así, por ejemplo, el análisis de las implicaciones de las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo clásico dieron lugar a la mecánica relativista, el descubrimiento de los espectros electromagnéticos de los cuerpos junto con el descubrimiento de nuevos fenómenos dio lugar al desarrollo de la mecánica cuántica, etc.

- FÍSICA MODERNA**
(Principios del siglo XX)
- Física cuántica.
 - Mecánica relativista.
 - Física de partículas.
 - ...

Partes de la Física

Sin embargo, y esta es una de las características diferenciadoras de la Física respecto a otras Ciencias, estas nuevas ramas no vienen a sustituir a las ramas equivalentes de la Física Clásica sino que amplían su campo de aplicabilidad. Así la Mecánica relativista contiene como límite la Mecánica Clásica (o de Newton) cuando las velocidades de los objetos es pequeña (comparada con la velocidad de la luz) y las deformaciones espacio-tiempo son pequeñas (básicamente cuando no existen objetos con mucha masa en las proximidades).

Una característica común a todas las ramas de la Física es que las leyes que las definen explican todos los fenómenos observados a lo largo de un periodo de tiempo más o menos dilatado. Esto es muy obvio en las ramas de la Física Clásica en las que las observaciones y conocimientos se fueron acumulando durante más de mil años y es menos evidente en las ramas de la Física moderna donde prácticamente todos los fenómenos en los que tienen su origen se observaron a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Partes de la Física

Las ramas de la Física Clásica y la ampliación que hacen de las mismas las ramas de la Física Moderna cubren un rango tan amplio de fenómenos naturales y suponen el desarrollo de tal cantidad de aplicaciones y nuevas tecnologías que aún hoy en día se siguen explotando. Así, por ejemplo, desde hace cuarenta o cincuenta años, gracias a la Física Cuántica, se sabía que el grafeno, átomos de carbono estructurados bidimensionalmente (en monocapas atómicas), sería un conductor excelente. La tecnología ha permitido la fabricación de grafeno hace unos pocos años.

No obstante la aplicación de estas ramas de la Física a otras ramas de las Ciencias o la Tecnología es muy complicada debido a las múltiples interacciones entre los componentes de los sistemas que intervienen en los procesos. En los últimos años una herramienta nueva, los computadores, han venido a ayudar en este proceso. Con ellos se ha podido aplicar las ecuaciones fundamentales de la Física a sistemas muy complejos que antes había que abordar mediante aproximaciones que limitaban el ajuste a la realidad.

Por otro lado, todavía quedan muchos aspectos físicos de la naturaleza básicos por desentrañar. Así los fenómenos que dominan que la materia se comporte y sea tal y como es no están totalmente explicados. Por otro lado, los telescopios tan potentes, que el desarrollo tecnológico ha permitido construir, han permitido observar movimientos de galaxias que no responden a las leyes de la mecánica relativista.