

¿Qué es la Física?

<http://www.lawebdefisica.com/quees/>

Como en todos los conceptos abstractos, resulta muy difícil definir que es exactamente la Física. Diferentes personas opinarán diferente según su profundidad de conocimientos específicos, según su temperamento y su cultura madre. Además, una misma persona puede cambiar de punto de vista a lo largo de su vida. Por lo tanto, siendo conscientes de que lo aquí expresado no es más que una opinión, más o menos fundamentada, **La web de Física** brinda a todo el mundo la posibilidad de [enviar su respuesta personal a la pregunta ¿qué es la Física?](#). Las respuestas recibidas serán [colgadas públicamente en esta misma sección](#).



¿Cuál es el objetivo de la Física?

Esto es lo más importante que se debe tener en mente cuando se trata con la física, a todos los niveles: profesionalmente, académicamente, o como aficionado. El objetivo de la Física es *explicar la realidad*. Una posible explicación de la realidad, o de una parte de ella, es lo que usualmente llamamos *teoría*. Esto no es tan obvio como pueda parecer, no es trivial detallar en que debe consistir una explicación; y mucho menos definir que es realidad y que no lo es.

En primer lugar, la realidad es todo aquello que es *medible*. En este caso, con medible no queremos decir tan solo que exista un procedimiento fiable que permita cuantificar numéricamente alguna magnitud, sino que dotamos a la palabra de un sentido más amplio para incluir todas aquellas mediciones de carácter cualitativo. Ejemplos de mediciones cualitativas son: el color (percibido por nuestro cerebro), el hecho de que una determinada reacción nuclear se produzca o no, dará un proyectil al blanco o no, etc. En este sentido, no solamente el universo físico con el que estamos más familiarizados es medible (y por lo tanto real), sino que entidades más abstractas también lo son. Un ejemplo de esto son los índices bursátiles, que se pueden medir numéricamente (contando acciones) o bien de forma cualitativa (al alza o a la baja); por tanto, existe una parte de la Física encargada de estudiar la bolsa: la física financiera.

De forma objetiva, lo único que podemos obtener de la realidad es su medición. Llegados a este punto tiene sentido preguntarse si la medición es lo único que existe, o bien si la realidad existe en esencia a parte de la medición realizada. Esta duda queda justificada en el ejemplo bursátil anterior, donde se estudian entes abstractos como acciones y dinero. No obstante, esta cuestión en el contexto del estudio de la Naturaleza y el Universo toma un turbio aire filosófico, y por lo tanto de toma de posición personal. Al definirse como la explicación de la realidad, y por lo tanto de lo medible, la Física queda voluntariamente fuera de esta polémica.

Otro punto a tener en cuenta es la posible existencia de entes no medibles que, según nuestra definición, no serían reales. No obstante, este tipo de objetos no podría influenciar de ninguna forma al universo medible, ya que de lo contrario, tal influencia sería en sí una medición. No tiene sentido, pues, preguntarse por esta clase de entidades. Se debe diferenciar aquellos fenómenos cuya influencia es tan pequeña que no poseemos ningún método para realizar una medición positiva. Éstos últimos son, intrínsecamente, medibles; lo que falla es, tan sólo, nuestra capacidad técnica.

En segundo lugar, la explicación de un fenómeno se puede efectúa a diversos niveles (si bien para ser completa los deberá contener todos): *descripción*, *predicción* y *comprensión*. Una descripción responde a la pregunta "*¿qué es lo que ocurre?*", es decir, contiene información constitutiva sobre el sistema físico en estudio, las magnitudes medibles del mismo, y sobre la naturaleza de las interacciones entre diferentes partes del sistema. Ejemplos de explicaciones descriptivas son los modelos atómicos de Dalton y Rutheford.

Una explicación predictiva contiene los elementos y procedimientos necesarios que permiten conocer cuales serán los resultados de la medición de las diferentes magnitudes físicas (en este caso, no tenemos en cuenta si la medición experimental se realiza antes o después de tener la explicación, es decir, no diferenciamos teorías predictivas y *postdictivas*). Si las magnitudes físicas que estudiamos permiten tan sólo mediciones cualitativas, la predicción también será cualitativa; un ejemplo de esto es el conocido principio de repulsión de cargas eléctricas opuestas de signo, y atracción de cargas con el mismo signo. El nivel de predicción es el que permite la aplicación práctica de la ciencia y, por lo tanto, el que da lugar a la tecnología. Algunas teorías tienen magnitudes que son experimentalmente medibles pero que no son predecibles (ya sea por que la realidad es tal que no se puede predecir esa magnitud, ya sea por defectos de la teoría); un ejemplo es la medida de la posición de un electrón en un átomo, que no puede ser predicha (en este caso, no puede ser predicha ya que la naturaleza de la realidad así lo impide); lo único que se puede predecir es la distribución de probabilidad.

El tercer y último nivel, el de comprensión, representa la aspiración más profunda y genuina de la Física. En este caso, debemos de ser capaces de explicar el por qué se obtiene determinada medición de una magnitud física. En la mayoría de las ocasiones, la comprensión de un fenómeno descansa sobre teorías descriptivas o predictivas de las subpartes del sistema; un ejemplo de esto es la reflexión y refracción de la luz en las superficies, que descansa sobre la teoría cuántica (predictiva) del comportamiento de los fotones (que en sí, son una explicación descriptiva sobre la luz).

Para que una explicación de la calidad sea buena, debe cumplir los siguientes requisitos:

- **Coherencia.** Una de las bases de la Física asegura que la realidad es tal que dos experimentos realizados en condiciones idénticas deberían dar resultados idénticos (y si no lo dieran, es que existe alguna diferencia no detectada y que debe ser incluida en la teoría). De no ser así, no sería posible la búsqueda de explicaciones de la realidad del tipo que hemos descrito hasta ahora y, por lo tanto, no tendría sentido la Física tal y como la conocemos. Si bien no existe ninguna razón irrefutable para certificar la veracidad de este principio, el éxito de la Física hasta ahora hace confiar en ello. Por lo tanto, la explicaciones que se

propongan deben ser internamente coherentes, es decir, ningún razonamiento lógico correctamente efectuado en base a la teoría debe conducir a contradicciones lógicas.

- **Robustez.** Una teoría será más robusta cuantos más fenómenos logre explicar correctamente. Es poco útil elaborar teorías particulares para cada fenómeno que se de en la naturaleza, se prefiere encontrar teorías capaces de explicar una gran cantidad de fenómenos al mismo tiempo, por lo que se entra en un proceso de unificación progresiva de teorías. En este sentido, el fin último de la Física es hallar una única explicación de toda la realidad en su conjunto (irónicamente, la comunidad de físicos lleva prácticamente dos siglos creyéndose cerca de esta teoría del todo).
- **Correspondencia.** Éste es el ingrediente más importante para que una explicación sea válida y aceptada. Toda explicación debe corresponderse con la realidad objetiva. El único medio que tiene la Física para verificar esta correspondencia es la realización de experimentos a partir de los cuales se obtienen mediciones de la realidad, que serán comparadas con las predicciones de la teoría (o bien, se realizarán observaciones de la realidad si la teoría es únicamente descriptiva). La experimentación es el único juez de la Física: si una teoría falla en el experimento, es inmediatamente rechazada (si bien, puede utilizarse para obtener nuevas teorías modificadas).

En ocasiones, los principios de correspondencia y robustez "*colisionan*". Esto ocurre si una teoría que explica correctamente (es decir, con correspondencia con la realidad) un fenómeno parece que puede ser extendida para explicar otro fenómeno (es decir, puede hacerse más robusta), pero resulta la experimentación de este segundo fenómeno falla (se rompe la correspondencia). En este caso, la teoría debería ser completamente reemplazada por otra (probablemente, una versión modificada de la primera) que explicara correctamente ambos fenómenos (por tanto, más correspondiente y robusta). Sin embargo, con frecuencia ocurre que la segunda teoría es mucho más complicada que la primera, con lo cual no sale cuenta utilizarla en aquellas situaciones que ya estaban bien explicadas por la teoría original: se utilizará la teoría modificada tan sólo cuando sea necesario porque la otra teoría no es correspondiente.

De esta forma, no se entra en un proceso de sustitución de teorías por otras cada vez más robustas (y correspondientes), sino que se realiza una ampliación progresiva: las teorías antiguas son restringidas a su *rango de aplicabilidad*, es decir, a aquellas situaciones donde son suficientes para explicar la realidad sin necesidad de recurrir a teorías modernas más complicadas. Habitualmente, la teoría a elegir para el estudio de cierta situación depende principalmente de la precisión con la que se va a realizar el experimento, es decir, la exactitud con la que se puede determinar experimentalmente el valor de la magnitud deseada.



Cambios en el paradigma

El paradigma de una ciencia es el conjunto de todas las teorías que son actualmente aceptadas en la misma, teniendo en cuenta que algunas de ellas tienen un rango de

aplicación limitadas y que, fuera de este rango, deben ser substituidas por un paradigma más potente.

El progreso de la Física consiste en mejorar el paradigma vigente para conseguir que las teorías que contiene sean más robustas y correspondientes con la realidad, es decir, avanzar en la explicación de un mayor número de fenómenos, utilizando el menor número posible de teorías distintas. Este progreso se realiza en dos frentes: el teórico y el experimental.

En el frente teórico, se elaboran nuevas explicaciones que se proponen, en calidad de candidatas, como correspondientes con la realidad. En el frente experimental, se realizan nuevas mediciones de la realidad, que pasan a formar parte del fondo de datos experimentales que deberán ser comparados y contrastados con la teoría.

Naturalmente, el trabajo de los físicos experimentales y de los teóricos no es independiente; en gran número de ocasiones se diseñan experimentos para verificar teorías concretas (por ejemplo, la expedición de Eddington en 1919 para verificar la predicción de la relatividad de Einstein sobre la deflexión de la luz por la gravitación solar). En otras ocasiones, son los datos experimentales los que inspiran la creación de una teoría (como por ejemplo, el modelo del átomo de Bohr, que fue insinuado por las mediciones espectroscópicas de gran precisión que se habían acumulado).

En este proceso, los resultados experimentales ejercen el papel de juez, confirmando o desmintiendo la validez de las diferentes teorías, delimitando el rango de aplicabilidad de las mismas, etc. En algunas ocasiones a lo largo de la historia de la Física, este progreso ha puesto en evidencia que todo el paradigma fallaba en condiciones extremas que, hasta ese momento, no habían podido ser experimentadas. El ejemplo más claro de esto es la revolución cuántica de principios del siglo XX. En estas circunstancias, la comunidad científica entera se moviliza por tal de estudiar de forma exhaustiva que ocurre en aquellas condiciones en que la teoría antigua falla, con tal de desarrollar nuevas explicaciones que extiendan la Física a estas nuevas situaciones. Tenemos, pues, un cambio del paradigma vigente.



¿Por qué se utilizan tantas matemáticas?

La primera razón de la irrupción de las matemáticas en la Física, en los inicios de ambas, es la necesidad de incluir mediciones cuantitativas, además de las cualitativas, para permitir mejorar la capacidad de predicción de las primeras teorías. En un primer momento, tan sólo se utilizaron las operaciones con números más elementales de la aritmética. Desde los tiempos de Newton, sin embargo, se vio la gran utilidad de partes de la matemática más abstractas, como la teoría de funciones y el cálculo infinitesimal.

Posteriormente, se observó que esta progresiva formalización de la Física tenía otra ventaja de gran importancia, tanta o más como la comentada en el párrafo anterior. Ésta se deriva de la propia naturaleza de las matemáticas, que consiste en el estudio de los sistemas formales: es decir, se sientan un conjunto de principios (axiomas) que son

elegidos *ad hoc*, y se extraen todas las consecuencias (proposiciones, lemas, teoremas, etc.) que se pueden deducir de ellos a partir de procedimientos lógicos. De esta forma, las teorías matemáticas (que no son más que sistemas formales diseñados para afrontar problemas concretos) son internamente coherentes y consistentes.

La coherencia interna de la teoría es una de las tres condiciones básicas que debe cumplir toda teoría Física. Hemos visto que las otras dos condiciones, robustez y correspondencia, se mejoran progresivamente a medida que progresa la investigación, pero no habíamos comentado como se asegura la coherencia de la teoría. Ésto se hace, pues, convirtiendo desde un principio la teoría Física en un sistema formal matemático. Así, pues, el progreso en la Física Teórica se reduce a la búsqueda del conjunto de axiomas (que llamamos Principios) que generan el sistema formal a partir del cual podemos obtener consecuencias (predicciones) que correspondan con la realidad medible y que, además, se pueda aplicar a una gran cantidad de fenómenos (es decir, que sea robusto).

En algunas ocasiones, se ha encontrado útil aprovechar alguna teoría matemática previamente existente para fundamentar parte de la teoría Física. Un ejemplo de ésto es la utilización de la geometría diferencial (o geometría de Riemann) en la Teoría de la Relatividad General de Einstein. Sin embargo, ésto es cada vez menos frecuente, dado que el interés de los matemáticos suele estar lejos de la Física y, por lo tanto, los físicos deben encargarse de desarrollar nuevos sistemas formales desde el principio. Un ejemplo de esto es el cálculo infinitesimal (en época de Newton y Leibnitz); y más modernamente, de la integral de caminos de Feynman.

Todo ésto no significa que la única forma de realizar teorías científicas sea la utilización de las matemáticas, es más, en multitud de ocasiones para llegar a la comprensión visceral de la teoría es necesario dejar de lado, momentáneamente, las matemáticas involucradas, centrándose en los conceptos físicos. No obstante, las matemáticas es la mejor herramienta que la humanidad ha encontrado para desarrollar las teorías científicas. Naturalmente, no tenemos ninguna razón lógica para suponer que no existen herramientas más eficaces que puedan ser desarrolladas en el futuro, poca gente confía en esta posibilidad.

Por último, debemos comentar los inconvenientes que tiene el uso de las matemáticas en la Física. Es frecuente que los sistemas formales utilizados contengan entidades matemáticas que, si bien son útiles para fundamentar la teoría y, por lo tanto, para la explicación de la realidad, no tiene por que corresponder a la realidad Física. Ésto ocurre si dichas entidades no son directamente medibles. Un ejemplo paradigmático es el concepto de campo, utilizado en numerosas teorías Físicas como el electromagnetismo de Maxwell o la gravedad de Newton. Estos campos no tienen una existencia física, pero son útiles para el desarrollo de la teoría. En este caso, la magnitud medible es la fuerza aplicada que, si bien se define matemáticamente como proporcional al campo, es conceptualmente muy diferente. De hecho, ésto suele causar gran confusión en el personal no especializado, ya que la literatura fantástica acostumbra a usar estos conceptos como si realmente existieran, además de sacarlos de contexto.

En algunos casos, puede resultar muy difícil diferenciar que entidades matemáticas tienen una correspondencia física con la realidad y cuales no. Es más, ha ocurrido que

conceptos que se introdujeron como artimañas científicas resultaron poderse interpretar físicamente (por ejemplo, la teoría de quarks). El caso inverso es menos frecuente.

