

MODELO

MECANO-CUANTICO

Curso:

3 ° E

Asignatura:

Química Electiva

INTRODUCCION

Modelo científico se denomina a una idea o teoría sobre la naturaleza de un fenómeno para explicar hechos experimentales. El modelo mecano-cántico es la explicación actual sobre el comportamiento del átomo. Esta se basa en la teoría cuántica, que es la teoría física basada en la utilización del concepto de unidad cuántica para describir las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación.

La teoría cuántica fue desarrollada entre los años 1924 y 1927, sobre las bases de la teoría del físico alemán Max Planck y sobre el principio de incertidumbre, formulado por el físico alemán Werner Heisenberg en 1927.

CONCEPTOS SOBRE EL ATOMO

Para poder comprender de una manera mas clara los modelos científicos debemos saber que los constituyentes del átomo (protones, neutrones, electrones), al relacionarlos nos entregan conceptos que es de necesario interés conocer. Estos son:

- Numero atómico (Z): es el número de protones que posee un átomo, y es lo que identifica a un elemento. En un átomo neutro. La cantidad de protones es igual a la cantidad de electrones.

Li3 N7 Fe 26

- Numero másico (A): el número másico es la suma de protones y neutrones, en él se expresa la composición nuclear que determina el peso atómico.

39 54

K Xe

- Unidad másica atómica (UMA): los átomos son tan pequeños, que no se les puede cuantificar la masa individual, sin embargo mediante métodos experimentales se puede determinar la masa de un átomo en relación con la de otro. Para ello se debe asignar un valor a la masa de un átomo de un elemento determinado, de tal manera que pueda ser usado como patrón.

Nombre

del núcleo

Abundancia en la naturaleza

(en %)

Numero

atómico

(Z)

Numero

másico

(A)

Protones

Neutrones

Símbolo

Hidrogeno-1

Hidrogeno-2

Hidrogeno-3

99.985

0.015

0.00013

1

1

1

1

2

3

1

1

1

0

1

2

H

H

H

Carbono-12

Carbono-13

98.89

1.11

6

6

12

12

6

6

6

7

C

C

Nitrógeno-14

Nitrógeno-15

99.63

0.37

7

7

14

15

7

7

7

8

N

N

Oxigeno-16

Oxigeno- 17

Oxigeno-18

99.759

0.037

0.204

8

8

8

16

17

18

8

8

8

8

9

10

O

O

O

- Masa atómica promedio: es la suma de los productos de las masas atómicas de los isótopos multiplicados por los porcentajes de abundancias correspondientes.

(masa isotopo1* %abundancia) + (masa isotopo2* abundancia)

Masa atómica = -----

100%

ANTECEDENTES HISTORICOS

La física de las partículas es la ultima etapa en el estudio de componentes de la materia cada vez más pequeños. Antes del siglo XX, los físicos estudiaban las propiedades de la materia macroscópica, a gran escala.

En los siglos XVIII y XIX, la mecánica Newtoniana o clásica parecía proporcionar una descripción totalmente precisa de los movimientos de los cuerpos, como por ejemplo el movimiento planetario. Sin embargo a finales del siglo XIX y principios del XX, ciertos resultados experimentales introdujeron dudas sobre si la teoría newtoniana era completa. Entre las nuevas observaciones figuraban las líneas que aparecen en los espectros luminosos emitidos por gases calentados o sometidos a descargas eléctricas. Según el modelo del átomo desarrollado a comienzos del siglo XX por el físico británico nacido en Nueva Zelanda Ernest Rutherford, en el que los electrones cargados negativamente giran en torno a un núcleo positivo, en orbitas dictadas por las leyes del movimiento newton, los científicos esperaban que los electrones emitieran luz en una amplia gama de frecuencias, y no en las estrechas bandas de frecuencia que forman las líneas de espectro.

Otro enigma para los físicos era la coexistencia de dos teorías de la luz: la teoría corpuscular, que explica la luz como ondas electromagnéticas. El tercer problema era la ausencia de una base molecular para la termodinámica. En su libro Principios elementales en mecánica estadística (1902), el físico estadounidense J. Willard Gibbs reconocía la imposibilidad de elaborar una teoría de acción molecular que englobara los fenómenos de la termodinámica, la radiación y la electricidad tal como se entendían entonces.

CUANTO DE PLANCK

A principios del siglo XX, los físicos aun no reconocían claramente que estas y otras dificultades de la física estaban relacionadas entre si. El primer avance que llevo a la solución de aquellas dificultades fue la introducción por parte de Planck del concepto de cuanto, como resultado de los estudios de la radiación del cuerpo negro realizados por los físicos en los últimos años del siglo XIX (el termino cuerpo negro se refiere a un cuerpo o superficie ideal que absorbe toda la energía radiante sin reflejar ninguna). Un cuerpo a temperatura alta (al rojo vivo) emita la mayor parte de su radiación en las zonas de baja frecuencia; un cuerpo a temperatura mas alta (al rojo blanco) emite proporcionalmente mas radiación en frecuencias mas altas (amarillo, verde o azul). Durante la década de 1890, los físicos llevaron a cabo estudios cuantitativos detallados de esos fenómenos expresaron sus resultados en una seria de curvas o graficas. La teoría clásica o precuantica, precedía un conjunto de curvas radicalmente diferentes de las observadas. Lo que hizo planck fue diseñar una formula matemática que describiera las curvas reales con exactitud; después dedujo una hipótesis

fue que la energía solo es radiada en cuantos cuya energía es $h\nu$, donde ν es la frecuencia de la radiación y h es el cuanto de acción, ahora conocido como constante de Planck.

APORTACIONES DE EINSTEIN

Los siguientes avances importantes en la teoría cuántica se debieron a Albert Einstein, que empleo el concepto del cuanto introducido por Planck para explicar determinadas propiedades del efecto fotoeléctrico, un fenómeno experimental en el que la superficie metálica emite electrones cuando incide sobre ella una radiación.

Según la teoría clásica, la energía de los electrones emitidos (medida por la tensión que generan) debería ser proporcional a la intensidad de la radiación. Sin embargo, se comprobó que esta energía era independiente de la intensidad, que solo determinaba el número de electrones emitidos, y dependía exclusivamente de la frecuencia de la radiación. Cuanto mayor es la frecuencia de la radiación incidente, mayor es la energía de los electrones. Einstein explicó estos fenómenos suponiendo que un único cuanto de energía radiante expulsa un único electrón del metal. La energía del cuanto es proporcional a la frecuencia, por lo que la energía del electrón depende de la frecuencia.

MODELOS ATOMICOS

En 1911, Rutherford estableció la existencia del núcleo atómico. A partir de los datos experimentales de la dispersión de partículas alfa por núcleos de átomos de oro, supuso que cada átomo está formado por un núcleo denso y con carga positiva, rodeado por electrones negativamente que giran en torno al núcleo como los planetas alrededor del sol. La teoría electromagnética clásica desarrollada por el físico británico James Clerk Maxwell precedía inequívocamente que un electrón que girara en torno a un núcleo acabaría cayendo al núcleo. Por tanto, según la teoría clásica, el átomo descrito por Rutherford sería inestable. Esta dificultad llevó al físico danés Niels Bohr a postular, en 1913, que la teoría clásica no es válida en el interior del átomo y que los electrones se desplazan en órbitas fijas. Cada cambio de órbita de un electrón corresponde a la absorción o emisión de un cuanto de radiación.

La aplicación de la teoría de Bohr a átomos con más de un electrón resultó difícil. Las ecuaciones matemáticas para el siguiente átomo más sencillo, el de helio, fueron resueltas durante la segunda y tercera década del siglo XX, pero los resultados no concordaban exactamente con los datos experimentales. Para átomos más complejos solo pueden obtenerse soluciones aproximadas de las ecuaciones, y se ajustan solo parcialmente a las observaciones.

MECANICA ONDULATORIA

El físico Louis Víctor de Broglie sugirió en 1924, puesto que las ondas electromagnéticas muestran algunas características corpusculares, las partículas también deberían presentar en algunos casos propiedades ondulatorias. Esta predicción fue verificada experimentalmente poco años después por los físicos estadounidenses Clinton Davisson y Lester Halbert Germer y el físico británico George Paget Thomson, quienes mostraron un haz de electrones dispersado por un cristal da lugar a una figura de difracción característica de una onda. El concepto ondulatorio de las partículas llevó al físico austriaco Erwin Schrödinger a desarrollar una ecuación de onda para describir las propiedades ondulatorias de una partícula y, más concretamente, el comportamiento ondulatorio del electrón en el átomo de hidrógeno.

Aunque esta ecuación diferencial era continua y proporcionaba soluciones para todos los puntos del espacio, las soluciones permitidas de la ecuación estaban restringidas por ciertas condiciones expresadas por ecuaciones matemáticas llamadas funciones propias o eigenfunciones (del alemán eigen, propio). Así la ecuación de onda de Schrödinger solo tenía determinadas soluciones discretas; estas soluciones eran expresiones matemáticas en las que los números cuánticos aparecían como parámetros (los números

cuánticos son números enteros introducidos en la física de partículas o sistemas). La ecuación de Schrödinger se resolvió para el átomo de hidrógeno y dio resultados que encajaban sustancialmente con la teoría cuántica anterior. Además, tenía solución para el átomo de helio, que la teoría anterior no había logrado explicar de forma adecuada, y también en este caso concordaba con los datos experimentales, las soluciones de la ecuación de Schrödinger también indicaban que no podía haber dos electrones que tuvieran sus cuatro números cuánticos iguales, esto es, que tuvieran en el mismo estado energético. Esta regla, que ya había sido establecida empíricamente por Wolfgang Pauli en 1925, se conoce como principio de exclusión.

MECANICA DE MATRICES

De forma simultánea con el desarrollo de la mecánica ondulatoria, Heisenberg desarrolló un análisis matemático deferente conocido como mecánica de matrices. La teoría de Heisenberg, elaborada en colaboración con los físicos alemanes Max Born y Ernst Pascual Jordan, no empleaba una ecuación diferencial, sino una matriz infinita formada por finitas filas compuestas a su vez de un número infinito de cantidades. La mecánica de matrices introdujo las matrices infinitas para representar la posición y el momento lineal en el interior de un átomo. Existen otras matrices, una para cada una de las restantes propiedades físicas observarles asociadas con el movimiento de un electrón, como la energía o el momento angular. Estas matrices, igual que las ecuaciones diferenciales de Schrödinger, podían resolverse; en otras palabras, podían manipularse para predecir las frecuencias de las líneas del espectro del hidrógeno y otras cantidades observables. Al igual que la mecánica ondulatoria, la mecánica de matrices coincidía con los experimentos, y también explicaba fenómenos que la teoría anterior no podía explicar.

PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE

La imposibilidad de determinar exactamente la posición de un electrón en un instante determinado fue analizada por Heisenberg, que en 1927 formuló el principio de incertidumbre. Este principio afirma que es imposible especificar con exactitud y al mismo tiempo la posición y el momento lineal de la partícula. En otras palabras, los físicos no pueden medir la posición de una partícula sin causar una perturbación en la velocidad de dicha partícula. Se dice que el conocimiento de la posición y de la velocidad son complementarios, es decir, que no pueden ser precisos al mismo tiempo. Este principio también es fundamental en la visión de la mecánica cuántica que suele aceptarse en la actualidad: los caracteres ondulatorio y corpuscular de la radiación electromagnética pueden interpretarse como dos propiedades complementarias de la radiación.

Una de las consecuencias deducidas del principio de incertidumbre de Heisenberg es que la interacción entre los aparatos de medida y los objetos de medición hace imposible determinar simultáneamente y con precisión la posición y la velocidad del electrón. De aquí se sigue con la imposibilidad de hablar de trayectorias: una trayectoria significa el conocimiento de la posición de una partícula en cada instante, y de la velocidad correspondiente en cada posición. Con este punto de vista los modelos de Bohr y Sommerfeld, muy intuitivos, han de parecer forzosamente limitados.

RESULTADOS DE LA MECANICA CUANTICA

Posteriormente, Schrödinger demostró que la mecánica ondulatoria y la mecánica de matrices son versiones matemáticas diferentes de una misma teoría, hoy denominada mecánica cuántica. Incluso en el caso del átomo de hidrógeno, formado por solo dos partículas, ambas interpretaciones matemáticas son muy complejas. Al siguiente átomo más sencillo, el de helio, tiene tres partículas, e incluso en el sistema matemático relativamente sencillo de la dinámica clásica, el problema de los cuerpos (la descripción de las interacciones mutuas de tres cuerpos distintos) no se puede resolver por completo. Sin embargo, si es posible calcular los niveles de energía. Al aplicar la matemática mecánica cuántica a situaciones complejas, los físicos pueden emplear alguna de las muchas formulaciones matemáticas. La elección depende de la conveniencia de la formulación para obtener soluciones aproximadas apropiadas.

Aunque la mecánica cuántica describe el átomo exclusivamente a través de interpretaciones matemáticas de los fenómenos observados, puede decirse a grandes rasgos que en la actualidad se considera que el átomo está formado por un núcleo rodeado por una serie de ondas estacionarias; estas ondas tienen máximos en puntos determinados, y cada onda estacionaria representa una órbita. El cuadrado de la amplitud de la onda en cada punto en un momento dado es la medida de la probabilidad de que un electrón se encuentre allí. Ya no puede decirse que un electrón esté en un punto determinado en un momento dado.

La mecánica cuántica resolvió todas las grandes dificultades que preocupaban a los físicos en los primeros años del siglo XX. Amplió gradualmente el conocimiento de la estructura de la materia y proporcionó una base teórica para la comprensión de la estructura atómica y del fenómeno de las líneas espectrales: cada línea espectral corresponde a la emisión o absorción de un cuanto de energía o fotón, cuando un electrón experimenta una transición entre dos niveles de energía. La comprensión de los enlaces químicos se vio radicalmente alterada por la mecánica cuántica y pasó a basarse en las ecuaciones de onda de Schrödinger. Los nuevos campos de la física como la física del estado sólido, la física de la materia condensada, la superconductividad, la física nuclear o la física de partículas elementales, se han apoyado firmemente en la mecánica cuántica.

AVANCES POSTERIORES

Desde 1925 no se han encontrado definiciones fundamentales en la mecánica cuántica, aunque se ha debatido si la teoría debe o no considerarse completa. En la década de 1930, la aplicación de la mecánica cuántica y la relatividad especial a la teoría del electrón permitió al físico británico Paul Dirac formular una ecuación que implicaba la existencia del espín del electrón. También llevó a la predicción de la existencia del positrón, que fue comprobada experimentalmente por el físico estadounidense Carl David Anderson.

La aplicación de la mecánica cuántica al ámbito de la radiación electromagnética consiguió explicar numerosos fenómenos como la radiación de frenado (emitida por los electrones frenados por la materia) y la producción de pares (formación de un positrón y un electrón cuando la energía electromagnética interactúa con la materia). Sin embargo, también llevó a un grave problema, la denominada dificultad de divergencia: determinados parámetros, como las llamadas masa desnuda de los electrones, parecen ser infinitos en las ecuaciones de Dirac (los términos masa desnuda y carga desnuda hacen referencia a electrones hipotéticos que no interactúan con su propio campo eléctrico). Esta dificultad fue parcialmente resuelta en 1947–1949 en el marco de un programa denominado renormalización, desarrollado por el físico japonés Shin'ichirô Tomonaga, los físicos estadounidenses Julian S. Schwinger y Richard Feynman y el físico estadounidense de origen británico Freeman Dyson. En este programa se toman la masa y carga desnudas del electrón como infinitas de modo que otras cantidades físicas infinitas se cancelen en las ecuaciones. La renormalización aumentó mucho la precisión en los cálculos de la estructura de los átomos a partir de los principios fundamentales.

NUMEROS CUANTICOS

Los números cuánticos surgen del modelo mecánico cuántico. Ellos se encargan de describir al electrón dentro del átomo. Estos números cuánticos permiten describir el ordenamiento electrónico de cualquier átomo y se llaman configuraciones electrónicas. Los números cuánticos desempeñan papeles importantes para describir los niveles de energía de los electrones y la forma de los orbitales que indica la distribución espacial del electrón.

Los números cuánticos necesarios para determinar un electrón en un átomo son cuatro. Los electrones son distinguibles mientras están en el átomo, y a su modo de distribución corresponden dichos números. Los electrones libres no son discernibles, ya que ellos en sí mismos son idénticos y solo pueden diferir en la posición que ocupan.

- Numero cuántico principal: es el primer numero cuántico y se simboliza por n indica el nivel de energía dentro del átomo. Cada valor representa una distancia media orbital. Su valor se expresa como cualquier valor del conjunto de los números naturales, exceptuando el cero, la representación con letras tiene poca frecuencia de uso; a medida que aumenta el nivel aumenta la energía.

Los niveles de energía pueden representarse mediante dos formas:

Nivel	Letras	Cuántica
Primero	K	1
Segundo	L	2
Tercero	M	3
Cuarto	N	4
Quinto	O	5
Sexto	P	6
Séptimo	Q	7

- Numero cuántico secundario: es el segundo numero cuántico y se simboliza por l . Es el llamado numero cuántico orbital o acimutal, que está relacionado con el momento angular del electrón en una órbita elíptica, y es un numero entero de unidades $h/2\pi$. El número cuántico l puede tomar cualquier valor, desde 0 hasta $n-1$ inclusive. Informa los orbitales presentes en cada nivel energético. Los orbitales son la región de probabilidad de encontrar al electrón en dicho nivel energético. Los orbitales tienen representación gráfica a través de coordenadas polares y funciones trigonométricas.

Los orbitales se van a conocer por letras, esto es:

Valor l	Orbital tipo
0	S
1	P
2	D
3	F
4	G
5	H
6	J

Los orbitales tipo s aceptan un máximo de 2é, los de tipo p un máximo de 6é, los tipo d un máximo de 10é, etc. Ahora la totalidad de orbitales disponibles para albergar tal numero de electrones estará dado por la siguiente expresión: $2 * l + 1$.

Valor l	Nº de orbitales
0	1
1	3
2	5
3	7
4	9
5	11
6	13

- Número cuántico magnético: es el tercer numero cuántico y se simboliza por m . Indica la orientación espacial de un orbital, es decir la posible dirección del momento orbital. Esta relacionado con la circulación orbital de la carga eléctrica, que da lugar al magnetismo. Este magnetismo causa que los orbitales dentro de un determinado subnivel se separen en diversos niveles discretos de energía cuando se aplica un cambio magnético. Su valor es $m = -1, \dots, 0, \dots, +1$.
- Numero cuántico de espín: es el cuarto y ultimo numero cuántico y se simboliza por s . Informa el sentido del giro del electrón en un orbital, es decir, la rotación del electrón sobre si mismo. Su valor es $s = +1/2$ y $s = -1/2$. el signo depende de que el espín (giro) tome una dirección paralela o antiparalela al campo magnético exterior.

Espín o spin es el momento angular intrínseco de una partícula subatómica. En la física atómica y de partículas existen dos tipos de momentos angulares: el momento angular de espín y el momento angular orbital. El espín es una propiedad fundamental de todas las partículas elementales, y existe incluso aunque la partícula no se mueva; el momento angular orbital se debe al movimiento de la partícula. Por ejemplo, un electrón en un átomo tiene momento angular orbital, causado por el movimiento del electrón alrededor del núcleo, y momento angular del espín. El momento angular total de una partícula es una combinación de los momentos angulares orbital y de espín.

La existencia del espín fue sugerida en 1925 por los físicos estadounidenses de origen holandés Samuel Goudsmit y George Eugene Uhlglenbeck. Los dos físicos se dieron cuenta de que la teoría cuántica de la época no podía explicar algunas propiedades de los espectros atómicos; añadiendo un numero cuántico adicional (el espín del electrón), Goudsmit y Uhlenbeck lograron dar una explicación mas compleja de los espectros atómica. Pronto, el concepto de espín se amplió a todas las partículas subatómicas, incluidos los protones, los neutrones y las antipartículas. Los grupos de partículas, por ejemplo un núcleo atómico, también posee espín, como resultado del espín de los protones y neutrones que lo componen.

Un electrón de un átomo que da descrito por completo una vez que han sido especificados sus cuatro números cuánticos. Además, existe un principio fundamental, denominado principio de exclusión de Pauli, el cual establece que no puede haber dos electrones idénticos en el mismo átomo, es decir, que no pueden tener el mismo conjunto de los cuatro números cuánticos debiendo diferenciar al menos en uno de ellos.

SIMETRIA Y NUMEROS CUANTICOS

Hasta comienzos del siglo XX, los principios de simetría se aplicaban en física casi exclusivamente a problemas de mecánica de fluidos y cristalografía. Después de 1925, con el éxito cada vez mayor de la teoría cuántica en la descripción del átomo y los procesos atómicos, los físicos descubrieron que las consideraciones de simetría implicaban números cuánticos (que describen los estados atómicos) y reglas de selección (que rigen las transiciones entre estados atómicos). Como los números cuánticos y las reglas de selección son necesarios para descubrir los fenómenos atómicos y subatómicos, las consideraciones de simetría resultan esenciales en la física de las partículas elementales.

PARIDAD (P)

La mayoría de los principios de simetría afirman que un fenómeno determinado es invariante (no cambia) cuando se transforman ciertas coordenadas espaciales de un modo determinado. El principio de simetría de reflexión espacial, o conservación de la paridad (P), afirma que las leyes de la naturaleza son invariantes cuando las tres coordenadas espaciales x, y, z de todas las partículas se reflejan (es decir, cuando se cambian de signo; esta operación también se denomina paridad). Por ejemplo, supongamos que una reacción (colisión o interacción) entre dos partículas A y B con momentos p_A y p_B tiene una determinada probabilidad de producir otras dos partículas C y D con momentos p_C y p_D . Llamemos R a esta reacción:

$A + B \rightarrow C + D$ (R)

Si las partículas A y B con momentos $-p_A$ y $-p_B$ producen las partículas C y D con momentos $-p_C$ y $-p_D$ con la misma probabilidad que R, significa que la reacción es invariante bajo paridad (P).

SIMETRÍA DE CONJUGACIÓN DE CARGA (C)

Para ilustrar el principio de simetría de conjugación de carga emplearemos la misma reacción R. Si se sustituyen las partículas A, B, C y D por sus antipartículas, R se convierte en la siguiente reacción (que puede o no tener lugar en la realidad).

Llamemos a esta reacción hipotética C (R): es la reacción conjugada de R. Si C (R) tiene lugar y se produce con la misma probabilidad que R, la reacción es invariante con la conjugación de carga (C).

SIMETRÍA DE INVERSIÓN TEMPORAL (T)

El principio de simetría de inversión temporal, o reversibilidad del tiempo, se define de forma similar. El principio afirma que si una reacción R es variante bajo T, la probabilidad de la reacción inversa igual a la probabilidad de R.

$C + D \rightarrow A + B$ T(R)

SIMETRÍA E INTENSIDAD DE LAS INTERACCIONES

Se ha demostrado que los cuatro tipos de interacción presentan clases de simetría muy diferentes. Antes de 1957, se creía que la simetría de reflexión espacial (o conservación de la paridad) se daba en todas las interacciones. En 1956, los físicos estadounidenses de origen chino Tsung Dao Lee y Chen Ning Yang indicaron que en la realidad no se había comprobado la conservación de la paridad en la interacción débil, y surgieron varios experimentos para hacerlo. Uno de ellos fue realizado al año siguiente por la física estadounidense de origen chino Chien-Shiung Wu y sus colaboradores: descubrieron que la paridad no se conservaba en esta interacción. La consecuencia fue el descubrimiento de que las partículas emitidas en la interacción débil tienden a mostrar quiralidad, una relación permitida entre su espín y su sentido de movimiento. En particular, los neutrinos ν_e y $\bar{\nu}_e$ que solo están implicados en las interacciones débil y gravitatoria, siempre tienen un espín levógiro; es decir, el espín de la partícula tiene sentido opuesto a su movimiento. Los físicos estadounidenses James W. Cronin y Val L. Fitch y sus colaboradores descubrieron en 1964 que la interacción débil no es simétrica bajo inversión temporal.

SIMETRÍA Y QUARKS

La clasificación de las partículas elementales se basa en sus números cuánticos, por lo que esta relacionada con las ideas sobre simetría. Basándose en estas consideraciones, los físicos estadounidenses Murray Gell-Mann y George Zweig propusieron independiente en 1963 que los bariones y los mesones están formados por componentes más pequeños, que Gell-Mann llamó quarks. Sugirieron tres tipos de quark, cada uno con su correspondiente antiquark. Se han acumulado pruebas indirectas muy convincentes del modelo de quark para los bariones y mesones, sobre todo después de que, en 1974, los físicos estadounidenses Samuel C. Ting y Burton Richter descubrieran las partículas J/ψ . actualmente se acepta de forma generalizada la existencia de seis tipos de quark.

TEORÍA DEL CAMPO DE LAS INTERACCIONES

Hasta mediados del siglo XX se creía que las interacciones o fuerzas fundamentales actuaban a distancia. El científico británico Michael Faraday lanzó la idea de que las interacciones se transmiten de un cuerpo a otro a

través de un campo. El físico británico James Clerk Maxwell dio forma matemática a las ideas de Faraday, con lo que estableció la primera teoría de campo, que incluye las ecuaciones de Maxwell para las interacciones electromagnéticas. En 1916, Albert Einstein publicó su teoría de la interacción gravitatoria, que se convirtió en la segunda teoría de campo. Hoy se cree que las otras dos interacciones, nuclear fuerte y débil, también pueden ser descritas por teorías de campo.

Con el desarrollo de la mecánica cuántica, en las décadas de 1930 y 1940 surgieron ciertas dificultades en relación con las teorías de campo, dificultades relacionadas con los campos extremadamente intensos que deben existir en las inmediaciones de una partícula; se denominaron dificultades de divergencia. Estos problemas fueron eliminados en parte por un método llamado renormalización, desarrollado en los años 1947–1949 por el físico japonés Shin'ichirô Tomonaga, los estadounidenses Julian Schwinger y Richard Feynman y el físico estadounidense de origen británico Freeman Dyson. Los métodos de renormalización mostraron que las dificultades de divergencia pueden aislarse y eliminarse de forma sistemática. Este proyecto logró grandes éxitos prácticos, pero la base de la teoría de campo sigue siendo poco satisfactoria.

UNIFICACION DE LAS TEORIAS DE CAMPO

Los cuatro tipos de interacción son muy distintos entre sí. El esfuerzo para unificarlos en un único todo conceptual fue iniciado por Albert Einstein antes de 1920. En 1979, los físicos estadounidenses Sheldon Glashow y Steven Weinberg y el físico paquistaní Abdus Salam compartieron el Premio Nobel de Física por su trabajo en un modelo que unifica con éxito las teorías de las interacciones electromagnética y débil. Esto se logró empleando una teoría matemática conocida como simetría de gauge que fue desarrollada por el matemático alemán Herman Weyl, el antes citado Yang y el físico estadounidense Robert Laurence Mills, así como los conceptos de simetría rota desarrollada por el físico estadounidense de origen japonés Yoichiro Nambu, el físico británico Peter W. Higgs y Otros. Una contribución muy importante a estos avances debió al físico holandés Gerardus't Hooft, que impulsó el proyecto de renormalización para estas teorías. El panorama conceptual que ha surgido de estos esfuerzos se denomina modelo estándar. De acuerdo con este modelo, los hadrones están formados por parejas o tríos de quarks, e interaccionan intercambiando partículas portadoras de la interacción fuerte, llamados gluones. Los leptones son una familia distinta de partículas entre las que figuran los electrones y los neutrinos, e interaccionan a través de la fuerza nuclear débil, transmitida por las llamadas partículas W Y Z.

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Ahora se sabe que las propiedades de todas las interacciones vienen dictadas por distintas formas de simetría de gauge. Esta idea la utilizó por primera vez Einstein en la búsqueda de una teoría de la gravitación que fuera simétrica con respecto a transformaciones de coordenadas, búsqueda que culminó en la teoría de la relatividad general en 1916. El uso de estas ideas será con toda seguridad una característica importante en la física de las partículas de los próximos años. Ya se han intentado, con las teorías de la supersimetría y la supergravedad, una ampliación cualitativa del concepto de simetría de gauge para tratar de unificar todas las interacciones. No cabe duda de que estos avances continuarán.

Otro objetivo es comprender la estructura fundamental de la materia a partir de unos principios de simetría unificados. Desgraciadamente, no es probable que se alcance esta meta en un futuro cercano, ya que existen muchas dificultades de tipo teórico y experimental. En el aspecto teórico, las complejidades matemáticas de la teoría cuántica de gauge son muy grandes. En el aspecto experimental, el estudio de la estructura de partículas elementales de dimensiones cada vez más pequeñas exige aceleradores y detectores de partículas cada vez mayores. Los recursos humanos y financieros necesarios para seguir avanzando son tan tremendos que el ritmo del avance decrecerá inevitablemente.

La mecánica cuántica es la base de los intentos actuales de explicar la interacción nuclear fuerte y desarrollar una teoría unificada para todas las fuerzas fundamentales de la materia. No obstante, existen dudas sobre si la

mecánica cuántica es o no completa. La dificultad de divergencia, por ejemplo, solo se ha resuelto en parte. Igual que la mecánica newtoniana fue corregida por la mecánica cuántica y la relatividad, muchos científicos (Einstein era uno de ellos) están convencidos de que la mecánica cuántica experimentara cambios profundos en el futuro. Por ejemplo, existen grandes contradicciones teóricas entre la mecánica cuántica y la teoría del caos, que empezó a desarrollarse rápidamente en la década de 1980. los físicos teóricos como el británico Stephen Hawking siguen haciendo esfuerzos para desarrollar un sistema que englobe tanto la relatividad como la mecánica.