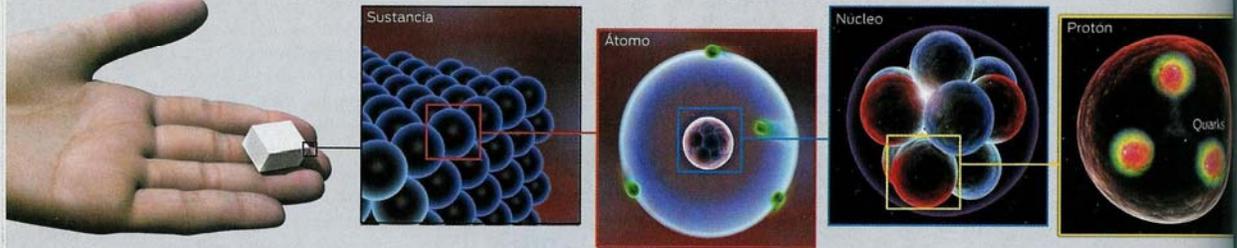


Lo más íntimo de la materia

Cuando viajamos al interior del átomo descubrimos todo un mundo de partículas que forman la materia –quarks y leptones–, y otras, los bosones, que actúan como intermediarias de sus interacciones a través de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza. Este es nuestro mapa del universo subatómico, pero los físicos aún no lo han logrado completar: falta el bosón de Higgs.



Cualquier objeto, como un terrón de azúcar, está formado por un gran número de átomos. Dentro de cada uno hay una nube de electrones que orbitan alrededor del núcleo, constituido por protones y neutrones, que a su vez están formados por quarks. La complejidad aumenta cuanto más nos adentramos en la materia hasta llegar a sus ladrillos básicos, las partículas elementales.

Partículas de materia: quarks

Son las piezas que forman los protones y neutrones. Los quarks son las únicas partículas que interactúan con las cuatro fuerzas fundamentales y nunca se observan aislados.

Up u Carga +2/3 Masa 2 MeV/c ² 2u+d = 1 protón	Charm c Carga +2/3 Masa 1.25 MeV/c ² Primo pesado e inestable del up	Top t Carga +2/3 Masa 171 GeV/c ² Es la partícula más masiva que se conoce. Su vida es muy corta.
Down d Carga -1/3 Masa 5 MeV/c ² 2d+1e = 1 neutrón	Strange s Carga -1/3 Masa 95 MeV/c ² Primo pesado e inestable del down	Bottom b Carga -1/3 Masa 4.2 GeV/c ² Inestable y muy pesado

Partículas de materia: leptones

Se pueden detectar aislados. Son ligeros, vulnerables a la fuerza electrodébil e inmunes a la interacción fuerte.

Electrón e Carga -1 Masa 0.511 MeV/c ² Es la partícula cargada más ligera. Orbita alrededor del núcleo.	Muón μ Carga -1 Masa 106 GeV/c ² Versión pesada del electrón.	Tau τ Carga -1 Masa 1.78 GeV/c ² Muy inestable y pesado. Su masa es el doble de la del protón.
Neutrino electrónico ν_e Carga 0 Masa < 2.5 eV/c ² Esencial en las desintegraciones radiactivas.	Neutrino muónico ν_μ Carga 0 Masa < 170 keV/c ² Interviene en las interacciones débiles que implican al muón.	Neutrino tautónico ν_τ Carga 0 Masa < 18 MeV/c ² Aparece en las interacciones débiles que implican al leptón tau.

Partículas de fuerza: bosones

Cada una de las fuerzas fundamentales del universo se transmite a través de un conjunto de partículas. Estos mediadores son los bosones.

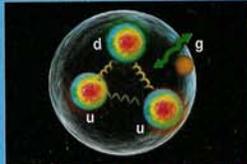
Fotón γ Carga 0 Masa 0 Su interacción con las partículas cargadas causa las fuerzas electromagnéticas.	Bosones W+ W- W^\pm Carga +1, -1 Masa 80.4 GeV/c ² Sus interacciones débiles cambian el sabor y la carga de las partículas.
Bosón Z⁰ Z^0 Carga 0 Masa 91 GeV/c ² Actúa en las interacciones débiles que no alteran la identidad de las partículas.	Glúon g Carga 0 Masa 0 Existen ocho especies de gluones mediadores de la interacción fuerte.
Gravitón G Carga 0 Masa 0 Partícula hipotética mediadora de la fuerza gravitatoria. Su detección es muy improbable.	Higgs H Carga 0 Masa supuestamente < 1 eV/c ² Se cree que dota de masa a las demás partículas elementales.



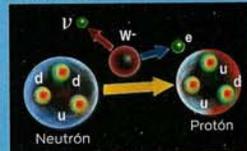
Así actúan las fuerzas

Hay cuatro tipos de fuerzas que hacen interaccionar a las partículas y cambian su identidad, su energía o su movimiento; otras veces provocan que una partícula aislada se desintegre de forma espontánea.

Interacción fuerte Actúa sobre los quarks y gluones, para formar protones, neutrones y otras muchas partículas. Es muy intensa y de corto alcance. Mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo. Su partícula mediadora es el gluón.



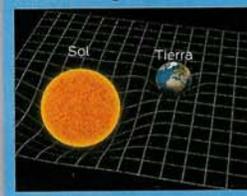
Interacción débil Afecta a quarks y leptones, su efecto más conocido es el de la desintegración beta: un neutrón del núcleo se convierte en un protón con la emisión de un electrón y un neutrino. Es 10.000 millones de veces más débil que la fuerte, pero a cortas distancias supera a la gravitatoria. Los bosones W^+ , W^- y Z^0 son sus transmisores.



Interacción electromagnética Interviene sobre las partículas cargadas eléctricamente sin cambiar su identidad. Hace que se atraigan si tienen cargas opuestas y que se repelen si son iguales. Tiene largo alcance y se unifica con la interacción débil mediante la teoría electrodébil. Su mediador es el fotón.



Interacción gravitatoria Actúa sobre las partículas con masa. Es atractiva y de largo alcance. Los intentos por integrarla dentro del modelo estándar y que a gran escala converja con la teoría de la gravitación de Einstein implican problemas matemáticos no resueltos. Su hipotética partícula mediadora es el gravitón.



FÁBRICA DE HALLAZGOS. Arriba el detector CDF del Fermilab, en Illinois, Estados Unidos. En este laboratorio se encontraron los quarks *bottom* y *top* y el neutrino *tau*, y hoy se busca el bosón de Higgs. Abajo, Leon Lederman, quien dirigió el Fermilab entre 1979 y 1989.

«En la naturaleza hay cuatro: la gravedad, la electromagnética y dos fuerzas nucleares; una es la fuerte, que mantiene el núcleo unido, y otra la débil, responsable de la desintegración radiactiva beta.

UN PROBLEMA LLEVA A OTRO

Pues bien, cada una de esas formas de comunicación lleva asociada una partícula responsable de transportar la información. En el caso de la electromagnética, la partícula es el fotón; para la gravedad es el gravitón; y en la fuerza fuerte, el gluón -del inglés *glue*, pegamento-. La débil tiene tres partículas portadoras, los bosones W^+ , W^- y Z^0 . Así, en nuestra sala vacía, el campo gravitatorio hace que la pera y la Tierra intercambien gravitones como dos niños que se lanzan bolas de nieve. La fruta no nota el campo electromagnético porque sin carga neta es como si no tuviera la herramienta para recoger los fotones que le llegan.

Hasta hace poco los científicos se encontraban muy cerca de responder a la pregunta sobre cómo demostrar la existencia del campo de Higgs: encontrando su partícula portadora, el bosón de Higgs. Desde el CERN de Ginebra, Suiza, y el Fermilab de Chicago, Estados Unidos, los físicos de partículas llevan al menos dos décadas intentándolo ininterrumpidamente, sin resultados que comprueben la ansiada hipótesis. La búsqueda comenzó en los años ochenta, cuando se asentó el llamado modelo estándar de la física de partículas. Los teóricos habían conseguido poner orden

en el complicado mundo subatómico que estaba surgiendo de los aceleradores de partículas. Se había superado la crisis de los sesenta, cuando estos inmensos instrumentos ponían en aprietos a los investigadores al producir más y más partículas cada vez que eran encendidos. Pero en 1962 entró en juego el físico Murray Gell-Mann y anunció una forma de agruparlas que llamó 'el camino óctuple', en alusión a la filosofía budista. Su teoría predecía una nueva partícula, la W^- , que fue descubierta al año siguiente. Dos años después Gell-Mann lanzó los quarks al ruedo de las partículas elementales. Los físicos ya eran capaces de responder a la pregunta planteada por los filósofos griegos hacía más de 2,000 años: ¿de qué está hecha la materia?

El marco teórico es el modelo estándar, que podemos resumir de la siguiente manera. Existen dos estirpes principales de partículas de materia, quarks y leptones. Hay quarks de seis sabores y se agrupan en tres familias de dos: *up* (arriba) y *down* (abajo); *strange* (extraño) y *charm* (encantado); *bottom* (valle) y *top* (cima). Los leptones también pueden ser de seis sabores: el electrón y su neutrino; el muón y el neutrino muónico, el tau y el neutrino tauónico. Los leptones se pueden encontrar solos en la naturaleza, mientras que los quarks siempre aparecen en parejas o en tríos, y se mantienen unidos mediante los gluones. Son los ladrillos con los que se construyen el resto de las partículas. Todos los leptones cargados conocidos tienen una sencilla unidad de carga eléctrica (que depende de si son partículas o antipartículas) y todos los neutrinos

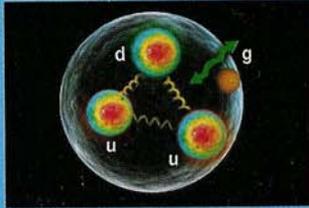
La búsqueda de esta partícula comenzó hace unos hace cincuenta años

estilografía.com/atomospk4s

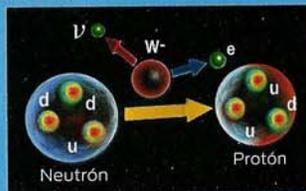
Así actúan las fuerzas

Hay cuatro tipos de fuerzas que hacen interaccionar a las partículas y cambian su identidad, su energía o su movimiento; otras veces provocan que una partícula aislada se desintegre de forma espontánea.

Interacción fuerte Actúa sobre los quarks y gluones, para formar protones, neutrones y otras muchas partículas. Es muy intensa y de corto alcance. Mantiene unidos a los protones y neutrones en el núcleo. Su partícula mediadora es el gluón.



Interacción débil Afecta a quarks y leptones, su efecto más conocido es el de la desintegración beta: un neutrón del núcleo se convierte en un protón con la emisión de un electrón y un neutrino. Es 10,000 millones de veces más débil que la fuerte, pero a cortas distancias supera a la gravitatoria. Los bosones W^+ , W^- y Z^0 son sus transmisores.



Interacción electromagnética Interviene sobre las partículas cargadas eléctricamente sin cambiar su identidad. Hace que se atraigan si tienen cargas opuestas y que se repelen si son iguales. Tiene largo alcance y se unifica con la interacción débil mediante la teoría electrodébil. Su mediador es el fotón.



Interacción gravitatoria Actúa sobre las partículas con masa. Es atractiva y de largo alcance. Los intentos por integrarla dentro del modelo estándar y que a gran escala converja con la teoría de la gravitación de Einstein implican problemas matemáticos no resueltos. Su hipotética partícula mediadora es el gravitón.

