

El Cielo de la Maldición Este es el programa para los mayores de 25 años que aspiran a ingresar en la Universidad Nacional de Educación a Distancia, acceso UNED. Pasado mañana, último día que emitimos antes de las vacaciones de Navidad. A todos, felices fiestas y próspero año nuevo. Volveremos el 7 de enero.

Esta noche física hablaremos de interacciones fundamentales, leyes de conservación y su violación. De lunes a viernes entre 11 y 11 y media de la noche aproximadamente, una hora menos en Canarias, por Radio 3 FM de Radio Nacional de España y otras emisoras de Radio Cadena Española. Desde el modelo atómico tradicional, en que se suponía que la materia estaba formada por moléculas, las moléculas por átomos, y los átomos por un núcleo formado por protones con carga positiva y neutrones con carga neutra, y alrededor girando los electrones con carga negativa, las interpretaciones sobre la materia y la energía en física han dado muchas vueltas.

Desde 1962, estas y otras partículas elementales posteriormente descubiertas, como neutrinos, mesones, etc., se explican según el modelo de los quarks. Los quarks serían las partículas aún más elementales y de ellos estarían formadas todas las demás. La dinámica de la naturaleza se explica hoy como un conjunto de interacciones, de fuerzas, desde el nivel de las partículas elementales en un orden microcósmico hasta el nivel macrocósmico de distancias gigantescas. En esas interacciones pueden darse mecanismos homeostáticos, automáticos o equilibradores de conservación, pero también pueden producirse, mediante una adecuada tecnología, rupturas o violaciones de esas leyes equilibradoras.

Como primera aproximación a esta vasta temática, tenemos el programa de esta noche sobre interacciones fundamentales. Vamos a ver que hay cuatro interacciones fundamentales. El tema no queda agotado, con lo que invitamos a los oyentes a seguir los programas de revista de física que se emiten los martes, de después de las vacaciones de Navidad, en los que se seguirá abordando la problemática de las interacciones, estudiando con detalle las partículas elementales en su descubrimiento histórico, hasta llegar a las últimas investigaciones y a los últimos descubrimientos, tras el descubrimiento de los quarks ya en los años 80. En el programa de física de esta noche vamos a hablar de la investigación de los quarks. Vamos a hablar de interacciones fundamentales y de leyes de conservación y su violación.

Manuel García Velarde, y le acompaña Juan Pérez Mercader, que es colaborador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y en este consejo jefe del Instituto de Estructura de la Materia. Pero sería conveniente que el profesor García Velarde nos presentara más detalladamente a nuestro invitado, Juan Pérez Mercader. Buenas noches, queridos oyentes. Una vez más en este programa del curso de acceso directo a la universidad, con las charlas que acompañan, si podemos decirlo así, a los libros de texto, que son los libros que sugerimos de los autores Landau y Kitagorowski, Física para Todos. Libros que se llaman Moléculas, Átomos, Fotones y Núcleos, etcétera, etcétera, que hablan de lo que vamos a hablar hoy, de los elementos fundamentales en la construcción de la materia y de sus interacciones. ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? ¿Qué es lo que vamos a hablar hoy? Con nosotros está Juan Pérez Mercader, entre los numerosos médicos que...

bien está el que su madre es paisana mía, si me lo permiten los oyentes, yo creo que es importante. ¿Qué hacen dos almerienses perdidos en una emisión hablando de interacciones fundamentales? Parece mentira, pero esto muestra cuánto ha cambiado nuestro país en la medida en que muy poquita gente de un medio poco desarrollado intelectualmente, como era el sur de España, están hoy en problemas de frontera, como es el caso de Juan Pérez Mercader, que hizo su licenciatura, nacido en 1947 por razones anecdóticas, diríamos, si cabe decirlo así, si se me permite, en Huelva y no en Almería, pues hizo su licenciatura en Sevilla, después hizo un año de trabajo en la Universidad Central de Barcelona, después estuvo dos años en Irlanda, en Dublín, en el Trinity College, el colegio de la Trinidad, después estuvo cinco años en Nueva York, en una universidad que se llama City College, la universidad de la ciudad. En esos cinco años hizo el doctorado sobre la desintegración del protón, después pasó

a Luisiana, donde estuvo tres años, en Baton Rouge, y el último de estos años lo simultaneó con el Laboratorio de los Álamos, cuyo laboratorio también, el que les habla, conoce, puesto que es consultor del mismo desde hace unos cuantos años. El Laboratorio de los Álamos es, junto con el Laboratorio de Lawrence Livermore y dos o tres laboratorios más en Estados Unidos, uno de los centros donde se hace la ciencia y la tecnología muy ligada a la ciencia de punta. Pues bien, Juan Pérez Mercader, que hoy está en el Instituto de Estructura de la Materia, es un especialista en lo que podríamos llamar el área de partículas fundamentales. Nuestro propósito hoy es comentar algo sobre las leyes de conservación, su

violación, algo que hace 20 o 30 años no nos parecía, o 40 años quizás no nos parecía tan importante, pero que hoy es fundamental. De hecho, la primera vez que se habló de violación de leyes de conservación dio origen a un premio Nobel, que fue el premio Nobel de dos científicos chinos, Yang y Li. Ambos viven actualmente. En Estados Unidos.

Pero bien, pues bien, Juan, me alegro de que estés con nosotros, de que podamos tener un rato de charla. Aprovecho para decirle a nuestros oyentes del curso de acceso directo a la universidad que esta charla se va a continuar en varias sesiones en la revista de física que tiene lugar los martes por la noche en las emisiones de la UNED en esta misma frecuencia. Juan, bienvenido a este programa en el que lo que queremos es que la relación sea amistosa y no tanto profesional, aunque lo que tenemos que pasar es, vía esa amistad, el mensaje de la física y el mensaje de la investigación. ¿Qué es eso de las interacciones fundamentales? ¿Qué diferencias hay entre lo que vemos hoy y lo que veíamos, por ejemplo, cuando éramos pequeños y estábamos en el bachillerato y nos hablaban de la gravitación y todo lo más nos hablaban del electromagnetismo? Bueno, pues, en primer lugar, muchas gracias por invitarme y, además, buenas noches a los señores oyentes. Las interacciones, en realidad... No existen por sí solas, o sea, existen dentro de...

el contexto de las partículas elementales a sí mismas. Vamos a describir las interacciones y las partículas que las sienten. Hay cuatro interacciones. Las voy a enumerar. Son, por ejemplo, la gravitatoria, luego la débil, luego la electromagnética y luego la fuerte. Las he enumerado de más débil a más fuerte. Cada una de ellas es responsable de diferentes fenómenos. Por ejemplo, la gravitatoria es responsable de que la Tierra gire alrededor del Sol o de, en cierto modo, la estructura de las galaxias. También es responsable de que se caiga una pluma al suelo. Es responsable de que nos cueste mucho trabajo levantarnos por las mañanas, por lo que pesamos. La débil, que es muchísimo más fuerte que la gravitatoria, después hablaremos de magnitudes. La débil es responsable de otro tipo de fenómenos, como es, por ejemplo, la ley activa. La ley activa es la ley de la actividad, la actividad beta. Y es, por ejemplo, también...

Bueno, si uno se fija en su reloj y ve que fosforesce de noche, eso es debido a pequeños elementos reactivos ahí dentro. La electromagnética, que es a su vez aproximadamente mil veces más fuerte que la débil, es responsable de fenómenos como, por ejemplo, el que estas ondas deben a los señores de dientes. Es responsable de que el café que me he tomado hace un rato para poder estar despierto me está haciendo la digestión en el estómago. Y en fin, es responsable de algunos dientes incluso del amor. De la estabilidad de la materia, por supuesto. Evidentemente, o sea, la química, y luego, bueno, ya hablaremos en detalle del movimiento de los átomos alrededor del núcleo. Y luego finalmente está la fuerte, que es responsable de la variedad de elementos que existen en la naturaleza. Es la que mantiene ligados a los protones y a los neutrones dentro del núcleo. Y en particular, pues, como decíamos, es responsable de que exista el hidrógeno, el plutonio,

el calcio, el fósforo, etc. Es decir, la variedad de elementos que ponen la tabla periódica de los elementos. Para aquellos oyentes que la semana pasada o la semana anterior en el curso de acceso estuvieron con nosotros, recordarán que hablábamos de órdenes de magnitud y hablamos precisamente de algunas de estas interacciones. Cuando hablamos de órdenes de magnitud decíamos no tiene mucho sentido hablar de la interacción gravitatoria sino esa escala que es nuestra o superior a nuestra dimensión. Sin embargo, desde el punto de vista del valor de la interacción, de la fuerza en juego es mucho más pequeña que el resto. Después, la electromagnética, por supuesto que tiene sentido a todos los niveles, pero su mayor sentido está en la estabilidad de la materia, que es lo que hace la química. Es decir, que la cuestión de órdenes de magnitud está también muy ligada a lo que son las diversas interacciones. Las interacciones fuertes actúan a todos los niveles, pero donde sólo tienen sentido es en aquel sitio de órdenes de magnitud. La magnitud ligada a la estructura del núcleo, la estructura de los elementos fundamentales.

La física actual sostiene que hay cuatro clases de interacciones fundamentales. De menor a mayor fuerza, la gravitatoria, la débil, la electromagnética y la fuerte. La gravitatoria explica por ejemplo la estructura del cosmos. El equilibrio interplanetario. La débil explica por ejemplo la radioactividad beta. La electromagnética explica fenómenos como las ondas hercianas. Y la fuerte explica la ligación de protones y neutrones en el núcleo de los átomos. Así pues, interacciones fundamentales actualmente conocidas. Cuatro Leyes de conservación y violación asociadas a las interacciones

fundamentales. ¿Qué es lo que eso significa? Bueno, la manera en que en física se entiende la dinámica de estas interacciones, o sea, estas interacciones, como su propio nombre indica, dan lugar a fuerzas.

Estas fuerzas se describen mediante una cierta dinámica. La manera o la herramienta de que dispone el físico teórico para elaborar teorías, modelos matemáticos que describen estas fuerzas es utilizando lo que se llaman leyes de conservación. Asociada a alguna ley de conservación hay una simetría. Entonces, lo que se construye es una teoría que es invariante, es decir, tiene una simetría bajo lo que se llaman grupos, que es una estructura matemática, que los oyentes probablemente conocerán. Son invariantes bajo ciertos grupos y entonces, utilizando toda la herramienta matemática, toda la parafernalia de tipo matemático asociada con la teoría de grupos, se puede llegar a elaborar... teorías que describen...

esfuerzos. No todas las interacciones respetan las mismas simetrías. Por ejemplo, hay un caso notorio, que es el que tú aludías hace un momento, que es el de la violación de la paridad, y que tiene lugar en las interacciones débiles. ¿Qué quiere decir paridad? ¿Qué quiere decir violación de la paridad? Paridad, o se denomina con el nombre de paridad, una simetría que no distingue entre derecha e izquierda. Es decir, se dice que algo es invariante bajo paridad, cuando lo mismo va a ir hacia derecha que ir hacia izquierda, o dicho en los términos, lo que se ve, la imagen en la antemórfica, es decir, la que se ve en un espejo, tiene la misma física que la imagen original ante el espejo. Toda la física que se creía... La física conocida hasta el año 1956-57, se asumía o...

asumió que la paridad se respetaba, es decir, que la naturaleza no podía distinguir entre derecha e izquierda. Había, sin embargo, un problema en física de partículas elementales, que es el famoso Teta-Tau-Passo, algo así como rompecabezas, el rompecabezas de las partículas Teta y Tau, en el que, de alguna manera, los datos experimentales no se entendían. Entonces, había una serie de físicos tratando de explicar esta discrepancia entre los datos experimentales, y había gente, físicos teóricos, que se inventaban... Yo he oído una anécdota que precisamente me ha contado este hombre, antes de que me haya nombrado, uno de los descubridores, que había gente que sacaba un paper, un artículo, con un arterio diferente cada 15 días. Entre ellos estaban él y el propio Young. Que, por cierto, hoy en día no se hablan. Lee, Young, Anand...

pelear. Bueno, eso pasa en las mejores familias. Eso es lo ocurrido, ¿no? Y entonces, pues entre las muchas posibles hipótesis para explicar la discrepancia del puzzle de Tatao, apareció uno, que iba firmada por Li Yang, que suponía que la paridad se violaba en las interacciones débiles. En particular, lo que esto quiere decir es que la naturaleza podía distinguir entre izquierda y derecha. Hay un libro delicioso escrito sobre este tema, que está publicado en castellano, el autor es Martin Garner, y se llama Izquierda y derecha en el cosmos. Es uno de los títulos originales, uno de los primeros títulos, me parece que hace veintitantos o treintitantos, de Alianza Editorial. Ya nos recordarán los lectores que hablábamos el día pasado de que la gente hay que se cree que es de izquierda y hay que se cree que es de derecha. Y como les dijimos, todos somos bioquímicamente hermafroditos, no tenemos más que aminoácidos de izquierda que tienen polaridad. Así que el segundo título es Littlerhine. No tenemos que quequarnos de una hermave mucho. Como ya decía alguno antes del único título de este título, cats y unos perdidos, podemos investigar exactamente esa hermave que la humanidad significa. Eso es lo que estamos buscando. Además de que esta hermenía se basa en lo común y genuinamente provienen de la desg托精 g心 y demonios más 영상ísticos, entendiendo que se trata sólo de una personalidad, la ignorancia de la humanidad ha desaparecido. Como los factores que 100 a surgen muchoboldings del artista actual muchísimobolnicista llegan a encrucijar la economía y a expulsar la actrpción, o p resultantibén los datos de la sisterhood se desballan,

...de actividad, diríamos, a izquierdas, en cuanto a que son escaleras de caracol a izquierdas, y azúcares de derechas. No hay azúcares de izquierdas en el cuerpo humano, ni hay aminoácidos de izquierdas... ...de derechas, perdón, en el cuerpo humano. Así puede ser mafrodito bioquímicamente. En consecuencia, la violación de una ley puede suponer un hito, y supuso un hito, en la historia de la física. Ahora bien, no es cierto que las leyes de conservación, no tanto las extraemos... ...como cuanto las imponemos con las estructuras, modelos que hacemos de la naturaleza. Es decir, de pequeñitos a nosotros nos enseñaban en el bachillerato, y luego en la licencia dura... ...y quizás sigamos enseñándolo así, que se conserva la energía, se conserva la cantidad de movimiento o ímpetu... ...se conserva el momento angular, pero en realidad, ¿no decimos esas conservaciones ya a priori... ...cuando postulamos que nos vamos a mover en el espacio, en la geometría euclídea? ¿Sale como la conocemos? Sí, evidentemente. Por ejemplo, la ley de conservación...

de la cantidad de movimiento, lo que en realidad está expresando es la homogeneidad del espacio. La ley de conservación del momento angular lo que está expresando es la isotropía del espacio, dicho en otros términos. Uno postula que el espacio-tiempo tiene ciertas propiedades y de él se deberían una serie de leyes de conservación que evidentemente forman los pilares de la física, en el sentido de que su

conservación es quizá la piedra filosofal sobre la que se construyen las teorías. Es decir, a nadie se le ocurriría en ningún momento construir una teoría que violase, por ejemplo, la conservación de la energía a nivel macroscópico o incluso a nivel microscópico, pues porque inmediatamente aparecería alguien con un experimento que probara lo contrario, es decir, que se conserva. Es decir, que cuando tratamos de... Si nosotros queremos entender un problema de física, no hablamos de la realidad hasta ahí, sino la realidad está ahí y nosotros tenemos que...

que mirarla con unos ojos, unas anteojeras, que son por ejemplo los modelos teóricos y otras anteojeras que son los experimentos. Dadas esas anteojeras tiene que haber comunicación entre ambos individuos detrás de las anteojeras o el mismo individuo para poner juntos esos modelos con esos experimentos. En cierto sentido no es que extraigamos de la realidad, sino que intentamos entender construyendo modelos y construyendo experimentos para ver si esos modelos son o no coherentes con lo que está ocurriendo en la física. Actualmente, la física, yo la defino, no sé si esto es muy estándar la manera de definirla, pero me imagino que sí. La mejor definición que yo puedo darle es como una ciencia que trata de modelar matemáticamente a la naturaleza en su intimidad. Es decir, nosotros tratamos de construir modelos matemáticos que reproducen aquello que se observa en el laboratorio. La física tiene dos partes, una parte experimental y otra parte teórica. ¿Qué es la física? ¿Cómo pueden ir?

...deslazadas una de la otra. En un paseo muy último, unidas de la mano... ...y en cualquier momento, las predicciones de las teorías han de ser comprobadas... ...por el experimento. Y viceversa, el experimento es que da lugar a nuevas teorías... ...como por ejemplo... Bueno, lo que has comentado de la paridad es claramente un experimento yendo por delante... ...de la teoría, como en muchos casos. Y siendo ahora ingenuo y habida cuenta... ...de que nuestro tiempo se acaba, siendo ahora ingenuo, ¿cabe pensar que hemos descubierto... ...ya todas las interacciones? Porque se habla ya de gran unificación, se habla un poco de cerrar. Me da la impresión que es un poco la mentalidad del científico también del XIX. ¿No tiene sentido ingenuamente pensar que no hemos descubierto las interacciones... ...fundamentales todas y que nos quedan muchas cosas? Yo creo que, bueno, en los últimos años, en particular desde 1984, estará haciendo... ...un proceso extraordinariamente silencioso en este sentido. Pero creo que... ...en este sentido, no.

queda muchísimo por descubrir, muchísimo por sacar flote. Y mucho menos estamos sin trabajo. Es decir, el día que se entendiera toda la física y se entendiera toda la naturaleza, pues gente como tú y como yo estaríamos absolutamente desempleados. Pero creo que nos quedamos... Hay algunas dudas de las explicaciones que ha dado Juan Pérez Mercader que a mí me gustaría que me aclarasen. Todos los problemas, propiedades y relaciones intrínsecas que hay en la materia o incluso los problemas energéticos, materia y energía, ¿se pueden explicar por estas interacciones? Bueno, estas interacciones pretenden o estas teorías pretenden ser, como se dice, pues el paradigma a través del cual se explica todo lo que observamos. Bueno, si me permites intervenir sería quizá respondiendo a tu pregunta lo siguiente. Son los ladrillos fundamentales. A partir de ahí el resto es ejercicio. Bien, yo preguntaría interacciones entre qué? ¿Moléculas? Esos son puntos... Yo creo que tendríamos que ver... ¿Moléculas? ¿Moléculas? ¿Moléculas? ¿Moléculas? ¿Moléculas? Yo creo que tendríamos que empezar por las moléculas, por los átomos y luego llegar a las interacciones.

Hemos puesto a hablar de interacciones y empezar un poco por lo que debería haber sido la base, por lo menos, en un desarrollo conceptual lógico. A principio de la charla hemos dicho que existe materia y fuerza. Entonces hemos hablado de las fuerzas o interacciones entre esa materia. Todavía nos queda muchísimo que hablar acerca de materia. ¿Partículas de todo esto? Cuando hablamos de materia estamos hablando de un nivel mucho más elemental que un átomo o una macromolécula o una molécula. Estamos hablando de los constituyentes elementales del átomo. Y en este sentido estamos hablando de los electrones, que son partículas, digamos, por así decirlo, por ahora y de manera simplemente, abusando de la licencia científica, digamos que son partículas puntuales, los electrones. Y estamos hablando también de otras partículas que están dentro de los protones y neutrones. Entonces, yo creo que sería metodológicamente muy interesante empezar, a hablar de qué tipo de interacciones se pueden dar a nivel subatómico. Después de ahí...

pasar a la molécula, luego pasar a la materia, y sería como mucho más lógico, por lo menos para situar dentro de la realidad y alejarnos de la abstracción de los modelos matemáticos que a veces no coinciden con la realidad. Bueno, pero un momento, estos modelos matemáticos coinciden con la realidad, con una precisión, la teoría que con mayor precisión conoce el hombre se llama electrodinámica cuántica, y funciona con una precisión de una parte en más de 10 millones. Pero al mismo tiempo hemos empezado diciendo que había las interacciones gravitatorias, débil, electromagnética y fuerte, y hemos hablado de

que, bueno, comentaba Juan, como ya comentamos el día pasado en esta misma sección dedicada al curso de acceso directo, que había que precisar los órdenes de magnitud, por eso hablábamos de la interacción gravitatoria, su contexto más tradicional, como tú lo veías Arturo, era en el contexto de los astros, en el contexto de los planetas. Cuando hablamos de interacciones electromagnéticas es el contexto de las moléculas, cuando hablamos ya de la interacción débil nos vamos al contexto de la radioactividad, que es débil.

ya llevarnos al núcleo, y cuando hablamos de la fuerte ya vamos a lo que ya es más pequeñito y que constituye la posibilidad de que el núcleo incluso esté estable. Es decir, que en cierto modo es una combina de las dos cosas. No es cierto que la gravitatoria esté solo exclusivamente a nivel de los astros. Ahora bien, si nos moviésemos hacia las partículas... Es que eso es lo que yo quería precisamente preguntar. Es decir, dentro de la complejidad que tiene la materia o la naturaleza, que es el objeto del estudio del físico, si pudiéramos especializar en terrenos, ¿estas interacciones están presentes en cualquier fenómeno físico o hay campos de la naturaleza o de la materia donde sean más procedentes? Es evidente que a nivel atómico y a nivel subatómico, de todas estas interacciones es posible que haya alguna que sea la dominante, pero puede ser que se den todas a la vez. Bueno, eso lo podemos analizar un poco más de detalle. Vamos primero a clasificar las interacciones como hacíamos antes, de la más débil a la más fuerte, y después diremos dónde, o sea, el ámbito de actuación de cada uno. Exactamente.

Más débil es, decíamos antes, la gravitatoria. En un sistema de unidades en el que la interacción fuerte tenga una fuerza, digamos, 1, la gravitatoria tiene una fuerza de 10^{-39} . Eso es un 0, una coma, un punto, según se dice en este país. Una coma, una coma en nuestro país. Una coma, seguida de 38 ceros y después un 1. Eso es extremadamente débil. La siguiente es la interacción débil. La interacción débil es 10^{-5} . En el mismo sistema de unidades en el que la interacción fuerte tiene una fuerza de 1. Eso es 10^{34} veces más fuerte que la gravitatoria. La siguiente es la electromagnética. La electromagnética tiene una fuerza, hoy en día, y después veremos por qué, he dicho hoy en día, tiene una fuerza, decimos, que es... La centésima parte de la interacción fuerte.

Y finalmente la fuerte que aún corriendo el riesgo de aburrir a los niños excelentes y a los otros, en este sistema de unidades tiene fuerza 1. Pero ten en cuenta que cuando decimos esas zonas de magnitud, significa que a todos los niveles actúan todas, pero sería insensato, salvo experimento contradictorio a elucidar, el utilizar en el contexto de la interacción fuerte la interacción gravitatoria. Pero ahí está. Es decir, en ese sentido no se puede distinguir entre unas y otras, sino cuando se habla de órdenes de magnitud, cuando se habla de objetos o de puntos en los que queremos interesarnos. Pero quizá nos llevaría demasiado lejos esto de hablar de las partículas elementales o de las partículas fundamentales, porque las que llamamos elementales hace muchos años, cuando estábamos en la universidad, ya no lo son. Valdría la pena que nuestros oyentes, si están interesados en el tema, se moviesen en la aguja de su radio hacia el Marte, cuando tenemos revistas de física.

Y en esa revista de física de la UNED, en esta misma emisión, en esta misma longitud de onda, vamos a intentar desgajar algo de lo que hay en esas partículas fundamentales, empezando con lo que se sabía de los años 30, que parecían las cosas acabadas, muy sencillas y acabadas, de pronto se complicaron, ahora parece que pueden verse también medio acabadas, pero también se volverán a complicar, porque la ciencia parece que es una cosa como infinita, pese a que el hombre es finito en su limitación, como duración y como capacidad por ahora, pero esa infinitud viene de que es un conjunto de eslabones, nosotros pegamos un empujón para cerrar un eslabón, pero cuando antes de acabar el cierre del eslabón, ha habido gente más joven que ha venido, ha cogido y ha abierto ya el pedazo del eslabón siguiente, la ciencia no da la impresión de que acabe, y eso es quizá lo más bello, el asunto es dónde está uno, uno en el eslabón, si al principio o al final, a veces es más atractivo estar al principio, otra vez,

al final. En la aplicación de las matemáticas como herramienta a la física, la física busca construir modelos matemáticos explicativos de la naturaleza en su intimidad. Considerando las interacciones desde la más débil hasta la más fuerte, las diferencias de fuerza entre ellas se pueden expresar en términos de órdenes de magnitud. Así, si tomamos como patrón de medida la interacción fuerte igual a 1, la más débil que es la gravitatoria tiene una fuerza con relación a ese patrón de 10^{-39} . En segundo lugar, la interacción débil, propiamente dicha, tiene una fuerza de 10^{-5} . En tercer lugar, la electromagnética tiene una fuerza de 10^{-2} . Y finalmente la fuerte, que hemos tomado como patrón de referencia,

es, como hemos dicho, igual a uno. En los programas de revista de física de después de Navidades, los martes, se abordará con nuestro invitado Juan Pérez Mercader, en cuatro espacios seguidos, el

descubrimiento histórico de las partículas elementales, desde las tradicionalmente admitidas antes de 1932, protones, neutrones, electrones y fotones, hasta llegar, desde 1962, al modelo actualmente vigente, el modelo D4. De todo modo, la ciencia, una vez más, se muestra como algo universal, donde vemos con Juan Pérez Mercader, como con muchos otros colegas españoles, que desde lugares desde los que probablemente no ha habido entre nacimiento más científicos que...

él, emergen a la frontera de la ciencia y es un gratísimo placer tenerlo hoy con nosotros y sobre todo es un gratísimo placer que estemos hablando de un ciudadano que vive en su país. No es porque seamos patrioterros, sino porque se está quizá más cómodo cuando se está en los sitios en los que se conocen los chistes, se tienen más amigos y no se es exclusivamente emigrante. Muchas gracias Arturo y muchas gracias a todos los oyentes. Dejo pues el programa en manos de Arturo que es el conductor de la serie. Muchas gracias al catedrático de la asignatura Manuel García Velarde por darnos la oportunidad de escuchar unas explicaciones tan claras como las que nos ha dado Juan Pérez Mercader del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y confiamos en que a los oyentes les haya interesado mucho el tema y estén disfrutando. Gracias a todos los que están dispuestos a escuchar la revista de...

y después de las vacaciones. A todos, muchas gracias por vuestra atención, buenas noches y hasta mañana. AXS UNED

La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días en la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Hasta mañana.

¡Gracias! ¡Gracias!