



COORDINA: LUIS VEGA, miembro del Comité Organizador

# Las fuerzas de la naturaleza (I)

Nuestra percepción del mundo se basa en los sentidos. A partir de ellos y en su afán por comprenderlo el hombre ha ido estableciendo distintas hipótesis, examinando regularidades y formulando finalmente leyes que permiten parcialmente entender los fenómenos naturales y predecir lo que puede ocurrir en determinadas circunstancias. Una parte de ese conocimiento ha dado lugar a la Física. Según esta Ciencia, y hasta donde hoy entendemos, toda la actividad en el Universo se puede deducir de la actuación de cuatro tipos de Fuerzas, que no son más que las manifestaciones de cómo actúan unos objetos con otros: interacciones.

Las Fuerzas como las entiende la Física, son un concepto matemático y por tanto abstracto. Con unas ciertas reglas podemos establecer una relación entre lo que ocurre en la naturaleza (la realidad experimental) y lo que resulta de manipular los conceptos matemáticos. Eso es la Física. Los estudiantes de bachillerato estudian que las fuerzas se representan por vectores, pero en la naturaleza nadie ha visto un vector. Los vectores, como las fuerzas, como toda la Física, son un invento del intelecto humano para comprender y en último término para predecir. Porque saber qué es lo que va o puede pasar es el motor de toda Ciencia. De alguna manera, el miedo al futuro nos impulsa a investigar.

Al contemplar la naturaleza vemos que el viento sopla y arrastra partículas, el aire ejerce su presión sobre la tierra, una goma se estira, los muelles se comprimen y expanden, nuestro cerebro emite una orden y una mano se mueve, alguna energía permite el funcionamiento de la musculatura, un cuerpo cae, la pólvora explota... Todo se debe a la acción de las fuerzas. ¿Cuántas y cuáles son?

■ **La fuerza gravitatoria.**- Es la fuerza que mantiene unido al Universo: los planetas se mantienen en sus órbitas alrededor del Sol, las estrellas permanecen unidas y se mueven en las galaxias. La gravedad es la fuerza dominante a escala astronómica, su territorio son las grandes distancias. A nivel humano explica la caída de los cuerpos que nos mantiene sobre la delgada capa exterior de un planeta diminuto en el gigantesco Cosmos. La comprensión básica de esta fuerza se la debemos a Newton. Es una fuerza universal. Nada escapa a su acción. Toda partícula siente la acción de la gravedad. Y, a su vez, cada partícula es una fuente de gravedad.

Es una fuerza extremadamente débil. En el átomo de hidrógeno, por ejemplo, la fuerza eléctrica es un 10 seguido de treinta y nueve ceros de veces más intensa que la fuerza de la gravedad. Si la cohesión del átomo de hidrógeno dependiese sólo de la fuerza gravitatoria, y no de la eléctrica, la órbita de un electrón sería mayor que todo el Universo. Desde el siglo XVIII se sabía que sólo con la fuerza de gravedad no se podía explicar la inmensa mayoría de lo que pasaba en la naturaleza a nuestra escala humana.

■ **La fuerza electromagnética.**- Las fuerzas eléctricas son muchísimo más intensas que las gravitatorias. No se pueden observar las fuerzas gravitatorias entre objetos de la vida cotidiana, pero sí las fuerzas electromagnéticas: la pantalla del televisor atrae a todos los objetos que estén en sus proximidades (pegándolos sobre ella si son de pequeño tamaño), la aguja de la brújula se mueve por la acción del campo magnético terrestre, el vestido cruje cuando intenta descargar la electricidad estática acumulada. Todo eso son manifestaciones de la fuerza electromagnética. Su com-

presión última se la debemos a Maxwell que con sus ecuaciones puede dar cuenta de todos los fenómenos eléctricos y magnéticos. Además explica qué es el maravilloso fenómeno de la luz, fuente de la mayor parte de nuestras percepciones.

Mientras la gravedad actúa sobre todas las partículas sólo aquellas que tienen una propiedad llamada carga eléctrica, sienten la fuerza electromagnética. Con estas dos fuerzas es posible entender casi todo lo que ocurre a escala humana, de modo que no es de extrañar que a finales del siglo XIX se pudiera pensar que la Física estaba "terminada".

■ **Dos nuevas fuerzas.**- Con el descubrimiento de la radiactividad en 1895 empiezan a aparecer fenómenos que no es posible explicar con las fuerzas gravitatorias o electromagnéticas. Al finalizar el primer tercio del siglo XX se había conseguido desentrañar en buena medida la estructura del átomo y, tras el descubrimiento del neutrón, se tenía un modelo para el núcleo atómico. Pero había dos tipos de procesos inexplicables. Uno era el hecho de que un neutrón podía desintegrarse emitiendo un protón, un electrón (y un neutrino según se sabrá después). El otro era cómo explicar que el núcleo atómico no se desintegrara por la repulsión de las cargas eléctricas de los protones.

Para dar cuenta de estos dos tipos de fenómenos hubo que introducir dos nuevas fuerzas: la Fuerza Débil para la desintegración del neutrón y la denominada Fuerte para mantener unido el núcleo atómico. De estas dos fuerzas, mucho menos conocidas por el gran público, pero con enorme importancia, nos ocuparemos la próxima semana.

Luis Vega.

Universidad de La Laguna

## Enrico Fermi

Enrico Fermi, nació en Roma el 29 de septiembre de 1901. En 1918, le concedieron una beca para la Scuola Normale Superiore de Pisa, donde obtuvo su doctorado en Física en 1922 bajo la guía del profesor Puccianti. Luego, el Gobierno italiano le concedió una ayuda para estudiar algunos meses en Göttingen con Max Born donde se estaba gestando la Mecánica Cuántica y donde tiene ocasión de conocer a Heisenberg, Pauli y Jordan. Posteriormente, en 1924, se traslada a Leyden becado por la Fundación Rockefeller y, en el mismo año, vuelve a Italia para ocupar una cátedra de física en la universidad de Florencia.

En 1926, Fermi descubrió las leyes estadísticas, conocidas hoy en día como la "estadística de Fermi", que gobiernan los conjuntos de partículas gobernadas conforme al principio de exclusión de Pauli. Tales partículas se llaman ahora "fermiones" en su honor y contrastan con los "bosones" que obedecen a la estadística de Bose-Einstein.

Se casó con Laura Capon en 1928. Tuvo un hijo (Giulio) y una hija (Nella). Tras su paso por Florencia, Fermi fue nombrado profesor de la cátedra de física teórica de la universidad de Roma, un puesto que conservó hasta 1938.

En aquellos años desarrolló una teoría sobre la desintegración radiactiva beta (la que se produce con emisión de electrones), y desde 1934 investigó la radiactividad artificial que se podía producir bombardeando elementos con neutrones. Fermi y su equipo, inducidos por un afortunado azar, realizaron un descubrimiento excepcional. Al procurar mejorar el rendimiento de las transmutaciones nucleares que se producían, notaron que, de un modo extraño, el número de transmutaciones dependía de la distancia a la fuente de neutrones de un modo inverso y además presentaba anomalías que dependían -así parecía- de la materia que rodeaba a la fuente neutrónica. Comprobaron que el paso de los proyectiles a través de sustancias hidrogenadas como agua y parafina, en vez de disminuir

-como hubiera podido creerse-, aumentaba de manera sorprendente, a menudo en una relación de uno a cien, la eficacia de los proyectiles y la consiguiente actividad de la materia bombardeada. Ese imprevisto efecto fue interpretado por Fermi: los neutrones -al penetrar en la sustancia hidrogenada- pierden rápidamente energía en sus reiterados choques con los protones. Expulsados por la fuente con una velocidad de varios millones de kilómetros por segundo, se convierten al atravesar una pantalla de parafina en neutrones lentos con una velocidad del orden de un kilómetro por segundo, casi desprovistos de energía y más o menos en equilibrio térmico con la materia que los rodea.

Dada su pequeña velocidad, los neutrones lentos -explicó Fermi- tienen tiempo para sufrir la acción de los núcleos que atraviesan y dejarse capturar por éstos gracias a un efecto de resonancia con las capas neutrónicas de los núcleos, efecto del cual la Mecánica Cuántica permite dar cuenta.

La facilidad con que los neutrones lentos se incorporan en los núcleos, provocando su transmutación, permitió a Fermi y colaboradores producir isótopos radiactivos de una larga serie de elementos. Los isótopos así obtenidos, más pesados que la sustancia primitiva, se desintegran expulsando electrones; como la pérdida de una carga negativa equivale a la ganancia de una positiva, se forman de esta manera nuevos núcleos con números atómicos más elevados que el núcleo primitivo. Por estos trabajos fue galardonado en 1938 con el Premio Nobel de Física.

Inmediatamente después de recibir el premio Nobel, aprovechando que había recibido autorización para que le acompañara su familia, escapa a Estados Unidos para evitar la persecución que sufría su esposa, que era judía, a causa de las leyes fascistas de la Italia de Mussolini.

Como contamos en otro artículo, en diciembre de 1942, en la Universidad de Chicago, el equipo que dirigía consiguió poner en marcha la primera reacción de



FOTO CEDIDA

fisión nuclear controlada en cadena de la historia. El dispositivo permitía no sólo que se produjera energía por la fisión del uranio, sino que, con el uso de moderadores (elementos que absorben neutrones) permitía regular el proceso de manera que este no fuera explosivo. La escueta comunicación en clave que dio cuenta de este hecho, "el navegante ha llegado al Nuevo Mundo", hacía referencia al origen italiano de Fermi. Hasta el fin de la II Guerra Mundial (1939-1945) trabajó en la construcción de la bomba atómica en Los Álamos, Nuevo México. Más tarde se opuso al desarrollo de la bomba de hidrógeno por razones éticas.

Después de la guerra, en 1946, Fermi fue profesor de Física y director del nuevo Ins-

tituto de Estudios Nucleares de la Universidad de Chicago, que se convirtió en uno de los centros de referencia para estudiantes y científicos de todo el mundo.

Su carrera se vio truncada por su muerte prematura a causa de un cáncer el 28 de noviembre de 1954 en Chicago. El que lleva su nombre, otorgado en su memoria, es concedido anualmente a quien más haya contribuido al desarrollo, uso o control de la energía atómica.

Su nombre ha sido distinguido con el honor de designar al elemento atómico nº 100, al que se le dio el nombre de Fermio (Fm), así como la unidad de distancia característica de los núcleos atómicos (1 fermi es la diezbillonésima parte de un metro).