

# Historia de la Energía Nuclear

## La antigüedad

Desde los antiguos griegos ya se indicaba la existencia de una partículas fundamentales, que actuaban como elementos constituyentes de la materia, prediciendo la existencia de unos átomos de diminuto tamaño y enumerando una pequeña cantidad de diferentes tipos.

La palabra átomo (en griego "lo que no se puede partir") fue inventada por un hombre llamado **Demócrito**, que vivió en tiempos de Sócrates e Hipócrates en el 430 a.C. Para Demócrito, los átomos eran aquellas últimas partículas a las que no podemos reducir más en otras más pequeñas. "Todo está hecho de átomos unidos intrínsecamente - decía-, incluso nosotros los humanos. Nada existe aparte de átomos y el vacío".

Demócrito explicaba su teoría con el ejemplo de una manzana: "Cuando cortamos una manzana, el cuchillo tiene que pasar a través del espacio vacío que hay entre los átomos. Si no existiera ese espacio vacío, el cuchillo no podría penetrar en la manzana, al toparse con los átomos que no pueden partirse". Las conclusiones de Demócrito eran correctas en lo fundamental.

Hasta finales del siglo XIX no se descubrieron más datos sobre estos elementos, como el cálculo de su tamaño medio, que se estimó en  $10^{-8}$  cm. de diámetro (cien millones de átomos linealmente en un centímetro). El peso se dedujo de su tamaño, aunque según la materia de que se trate pueden ser muy ligeros (ejemplo del hidrógeno) o muy pesados (ejemplo de la plata); de todas formas, un átomo de plata sólo pesa  $10^{-24}$  gramos (cien mil trillones de átomos en cada gramo).

## Conjeturas sobre la energía solar

Hacia **1847**, comienza a conjeturarse que siendo aceptado el principio de conservación de la energía, la edad atribuida al sol y la imposibilidad de explicar sus radiaciones a partir de una simple combustión química debería existir alguna **otra fuente de energía** inadvertida hasta entonces por la humanidad.

## Hacia descubrimientos trascendentales

En sólo medio siglo desde el inesperado descubrimiento de los **rayos X** por parte de **Wilhelm Roetgen en 1895**, la ciencia, siguiendo la senda de los misteriosos fenómenos radiactivos, logra develar los secretos de la energía nuclear.

En **1876**, los experimentos de **Eugen Golstein** con rayos catódicos ponen en la pista a los científicos para detectar el electrón.

## Rayos misteriosos conducen al radio

En **1896**, el físico francés **Antoine Henri Becquerel** comprueba que determinadas sustancias, como las sales de uranio, generan rayos penetrantes de origen misterioso. Las investigaciones de **Marie y Pierre Curie** con mineral de uranio sobrellevan al descubrimiento de otras sustancias hasta entonces desconocidas y aún más radiantes, entre ellas el radio. No pasa demasiado tiempo hasta que se descubra que la radioactividad implica emisión de energía.

## De las radiaciones al electrón

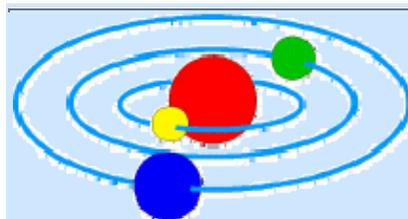
En **1898**, **Ernest Rutherford** distingue rayos que denomina **alfa y beta** en las radiaciones de uranio, estas últimas resultarán ser electrones. **Joseph John Thompson**, físico inglés, identifica y mide finalmente al electrón, la primera partícula subatómica en ser descubierta.

En **1903**, se pensaba que los únicos elementos en tener una reserva energética dentro del átomo eran los elementos radiactivos sin embargo **Ernest Rutherford** sugiere que todos los átomos tienen escondida una enorme reserva de este tipo.

## Rutherford : primer modelo atómico

En **1911**, el físico **J. J. Thomson** aproxima un modelo teórico del átomo en el que los electrones se repartirían en el interior de una esfera de carga positiva y describirían una órbita alrededor del núcleo.

Es sin embargo, el neozelandés **Ernest Rutherford**, quien demuestra la estructura interna del átomo, un pequeño núcleo alrededor del cual giran los electrones, al verificar experimentalmente esa hipótesis mediante bombardeo de rayos alfa descubre desvíos sorprendentes intuyendo impactos contra un núcleo mucho más masivo de lo supuesto y cuya carga era idéntica a la suma de las cargas de los electrones.

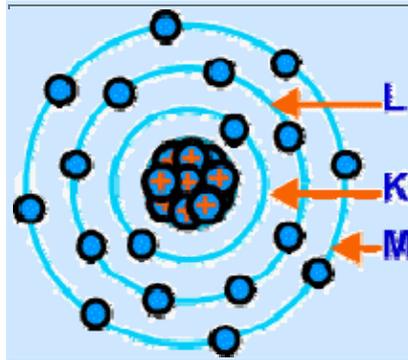


En 1911, Ernest Rutherford desarrolló una teoría del átomo basado en un sistema solar en miniatura

## Hipótesis avanzada de Niels Bohr

En **1913**, el físico **Niels Bohr** desarrolla una hipótesis mejorada para explicar la estructura del átomo. Bohr postula que los electrones están dispuestos en capas definidas, o niveles cuánticos, a determinadas distancias del núcleo cumplimentando ciertas condiciones. Su formulación permite salvar inconsistencias con la física clásica del primer modelo.

Comienza a intuirse progresivamente el funcionamiento de complejas fuerzas dentro del átomo cuya comprensión posibilita dos décadas más tarde modificar con éxito la estructura de sus propios núcleos.



En 1913, Niels Bohr enunció una nueva teoría, hoy aceptada en líneas generales, que distribuía los electrones en capas de órbitas que poseían su propio nivel de energía. En la imagen, las tres capas de un átomo de cloro

La teoría de Bohr, a pesar de los adelantos en las explicaciones sobre la estructura de la materia, también contenía errores, aunque hoy es aceptada en líneas generales. Los electrones deberían emitir energía al girar alrededor del núcleo, invalidando que las órbitas fueran de energía constante. La teoría de la **mecánica cuántica** vino a solucionar estas interrogantes, mediante la enunciación del principio de la **dualidad onda-partícula**, por la cual toda partícula puede comportarse igualmente como una onda. Estas teorías y estudios fueron fruto del desarrollo y aportaciones de muchos y notables científicos como **Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Planck, Louis de Broglie**, etc.

## Aproximación hacia el protón

La siguiente operación después de establecerse el sistema de las órbitas electrónicas, era determinar la estructura del núcleo. En estado normal un átomo no posee carga

eléctrica, sin embargo, se observó que la carga del núcleo era positiva y siempre múltiplo de la carga del electrón; así pues, se concluyó que el núcleo estaba compuesto por un conjunto de partículas, cada una de ellas con igual carga que la del electrón, pero positiva; esas partículas fueron denominadas *protones*. Según este planteamiento, los átomos tienen el mismo número de electrones que de protones para poder mantener una carga neutra, es decir, cargas negativas en los electrones iguales a cargas positivas en los protones. El hidrógeno posee un electrón en su órbita, por tanto posee igualmente un protón en su núcleo; se dedujo así que el peso del protón era aproximadamente dos mil veces superior al del electrón

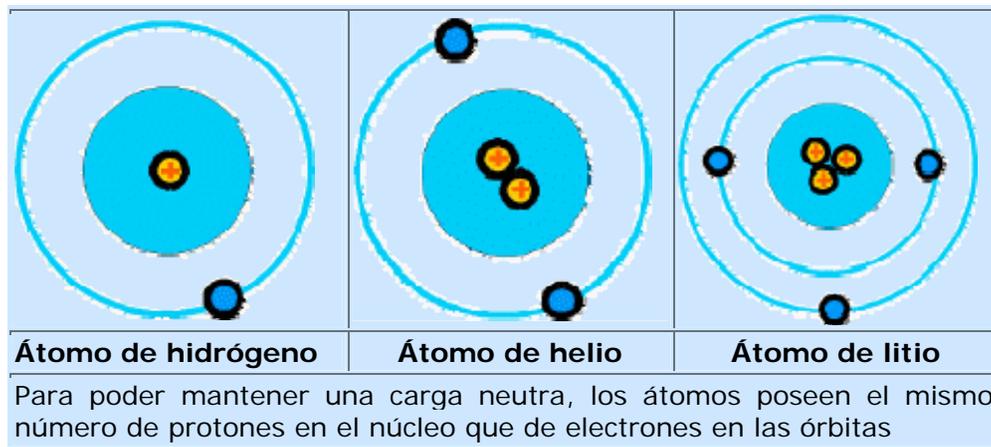
### Protón: evidencia experimental

Antes de 1914, se había detectado en los experimentos de rayos catódicos una partícula con carga positiva cuya masa es igual a la masa del hidrógeno. **Rutherford** sugiere ahora que pese a su desproporcionada masa es equivalente aunque con carga positiva a la del electrón. La nueva partícula sería denominada protón.

En **1919**, **Ernest Rutherford** encuentra la primera evidencia de un protón. Rutherford expone gas nitrógeno a una fuente radiactiva de partículas alfa. Al colisionar algunas de estas partículas con los núcleos de los átomos de nitrógeno se transforman en átomos de oxígeno-17. Imprevistamente ha logrado llevar a cabo la **primera reacción nuclear** hecha por el hombre.

### Neutrón: otra nueva partícula

En **1932**, **Chadwick** realiza un descubrimiento crucial: **el neutrón**, partícula de masa equivalente a la del protón, pero carente de carga, lo que le convierte en un proyectil atómico ideal, pues es capaz de penetrar en el átomo sin ser afectado. Los bombardeos cada vez mas efectivos, sobre los núcleos atómicos provocan alteraciones en el equilibrio energético de los átomos y abren así el camino a la **transmutación de elementos**, algo hasta hace poco impensable. Quedó así definitivamente determinada la estructura del átomo.



## Una nueva alquimia en el siglo XX

El paso entre la determinación de la estructura de la materia y la teoría para la obtención de la energía nuclear por fisión lo dio **Albert Einstein**. Los experimentos sobre esta teoría demostraron que al bombardear un átomo pesado con otra partícula, las diversas partes en que se separaba el núcleo tenían en conjunto masas menores que la del núcleo original, liberándose por tanto una cantidad de energía. Si se aplicaba la fórmula de Einstein sobre la diferencia de masas, se observaba que los resultados eran coincidentes con los de la energía liberada.

**Fermi** ensaya el bombardeo de uranio con neutrones, las extrañas radiaciones beta resultantes confirman 5 años más tarde la obtención de un elemento desconocido, el primer **transuránico**, que es denominado **neptunio** y mas tarde otro denominado **plutonio**.

En **1934**, **Frederic Joliot-Curie** logra fósforo-30, el primer núcleo obtenido mediante reacciones nucleares provocadas por bombardeo de partículas.

### Fisión nuclear: un hecho

En **1939**, el físico danés **Niels Bohr** anuncia a la comunidad científica, a pesar de sus reservas iniciales, un fenómeno inaudito, la fragmentación del núcleo del uranio. El fenómeno sería conocido a partir de entonces como **fisión**. La fisión del uranio, según se comprueba, libera cerca de diez veces más energía nuclear por núcleo que cualquier otra reacción nuclear de las conocidas hasta entonces y además es susceptible de propagarla mediante una reacción en cadena.

### Advertencia sobre aplicaciones públicas

En agosto de **1939**, un grupo de científicos liderado por **Leo Szilard**, advierten mediante una nota al presidente de los EE.UU. sobre las implicancias de una bomba de fisión y su posible uso por parte del régimen nazi en Alemania.

### Primera reacción nuclear controlada

En **1942**, en los EE.UU. el físico **Enrico Fermi** y sus colaboradores construyen en la Universidad de Chicago, la **primera pila atómica**, el suceso da paso a la primera reacción nuclear controlada en la historia de la humanidad y servirá de modelo para centrales nucleoelectricas futuras y en lo inmediato para construir las primeras bombas atómicas. El primer reactor nuclear, Calder Hall, destinado a la producción de electricidad entró en funcionamiento en Gran Bretaña en 1956.

## **Primera explosión nuclear experimental**

En **1945**, el 16 de julio, en secreto, en White Sands, en el estado de Nuevo México, en los EE.UU. es detonada, en medio de gran expectativa, la **primera bomba atómica experimental**, de 19 kilotones bajo el nombre clave de **Trinity**

## **El descubrimiento de la fisión atómica y la reacción en cadena**

El suceso pone en manos de la humanidad la mayor fuente de energía jamás conocida hasta entonces. Su primera aplicación será bélica y lleva a la fabricación de bombas atómicas. A partir de entonces el potencial destructivo alcanzado está en condiciones de amenazar la supervivencia de la propia especie humana y la estabilidad del planeta.

## **Experimentos de Fermi**

Enrico Fermi había comprobado en sus experimentos que los neutrones lentos, que tenían muy poca energía, eran fácilmente absorbidos por los núcleos atómicos: más fácilmente que los neutrones rápidos (de alta energía) y desde luego más también que las partículas cargadas. Lo que ocurría a menudo era simplemente que el núcleo absorbía el neutrón. Hay veces que el isótopo más pesado que se forma por absorción de neutrones es estable, pero en otras ocasiones es inestable, es decir radiactivo.

Fermi observó varios de estos casos. Tras estudiarlos, se preguntó qué ocurriría al bombardear uranio con neutrones. Sus isótopos ¿aumentarían también en número atómico, en este caso de 92 a 93? En caso afirmativo la cosa se pondría muy interesante, porque el uranio tenía el número atómico más alto de toda la escala. Nadie había descubierto jamás ninguna muestra del elemento número 93, pero quizá pudiera uno formarlo en el laboratorio.

Así pues, en **1934**, **Fermi bombardeó uranio con neutrones**, con la esperanza de obtener átomos del elemento 93. Hubo absorción de neutrones, y la sustancia formada, fuera lo que fuese, emitía partículas beta, de manera que tenía que tratarse del elemento 93. Sin embargo, lo que allí se emitían eran cuatro clases distintas de partículas beta (diferentes en su contenido energético) y el asunto adquirió un cariz muy complicado. Fermi no logró identificar taxativamente la presencia de átomos del elemento 93, ni nadie lo logró tampoco durante varios años.

## **El descubrimiento de la fisión**

Después de publicar el informe de sus trabajos hubo otros físicos que los repitieron, obteniendo también varias partículas beta y siendo asimismo incapaces de determinar quizá que es lo que estaba ocurriendo allí. Una manera de abordar el problema consistía en añadir al sistema algún elemento estable que fuese químicamente similar a las minúsculas trazas de isótopos radiactivos que pudieran producirse en el bombardeo

del uranio. Posteriormente se podría separar de la mezcla el elemento estable, transportando consigo (o al menos así se esperaba) la traza de radiactividad. El elemento estable sería un portador.

Entre aquellos que estaban trabajando en el problema figuraban **Otto Hahn** y su colaboradora **Lise Meitner**, una física austriaca. Uno de los portadores potenciales que añadieron al sistema era el elemento bario, que tiene un número atómico de 56; y comprobaron que una parte considerable de la radiactividad se la llevaba efectivamente consigo este elemento. La conclusión natural era que los isótopos que producían la radiactividad pertenecían a un elemento químicamente muy similar al bario. Las sospechas recayeron inmediatamente sobre el radio (número atómico 88), que, en lo referente a propiedades químicas, era realmente muy parecido al bario.

Lise Meitner, que era judía, empezó por entonces a tener dificultades para seguir trabajando en Alemania, gobernada en aquella época por el régimen abiertamente anti-semita de los nazis. En marzo de 1938, Alemania ocupó Austria, que se convirtió así en parte del imperio alemán. Meitner perdió la protección de su ciudadanía austriaca y tuvo que huir a Suecia, a la ciudad de Estocolmo. Hahn se quedó en Alemania y siguió trabajando en el problema con el químico físico alemán **Fritz Strassman**. Aunque el presunto radio, el poseedor de la radiactividad, tenía unas propiedades químicas muy parecidas a las del bario, los dos no eran del todo idénticos. Existían maneras de separarlos, cosa que Hahn y Strassman se afanaron en lograr con el fin de aislar los isótopos radiactivos, concentrarlos y estudiarlos en detalle. Pero una vez tras otra fracasaron en su empeño de separar el bario del presunto radio. Poco a poco se le fue haciendo claro a Hahn que la imposibilidad de separar el bario de la radiactividad se debía a que los isótopos, a los que pertenecía la radiactividad, eran tan parecidos al bario que no eran otra cosa que bario. Sin embargo, vaciló en anunciarlo, porque le parecía increíble.

Mientras Hahn seguía sumido en un mar de dudas, Lise Meitner, tras recibir en Estocolmo los informes del laboratorio de Hahn y después de meditarlo, decidió que, por muy insólita que fuese, sólo había una explicación: el núcleo de uranio se había partido en dos.

En realidad, y pasados los primeros momentos de estupor, la cosa no era tan increíble si uno se detenía a pensar un poco. La fuerza nuclear tiene un alcance tan corto que apenas llega de un lado a otro de un núcleo tan grande como el del uranio. Si se le deja tranquila, cumple bien su cometido la mayor parte del tiempo; pero al entrar un neutrón y aportar una energía suplementaria, podemos imaginar que el núcleo, atravesado por un tren de ondas de choque, se convierte en algo así como una gota líquida pulsante. A veces el núcleo de uranio se recupera, retiene el neutrón y pasa luego a la emisión de una partícula beta. Pero en otras ocasiones se deformaría hasta el punto en que la fuerza nuclear no sea ya capaz de mantener su integridad. El núcleo adquiere entonces la forma de unas pesas y la repulsión nuclear electromagnética entre las dos mitades (ambas cargadas positivamente) acaba por escindirlo totalmente. Las dos mitades no son iguales, y el núcleo tampoco se rompe siempre por el mismo sitio, por lo cual hay diversas posibilidades para los fragmentos resultantes (ese era el origen de la

confusión). Aún así, una de las formas más comunes de fragmentación era en bario y kriptón. (Sus números atómicos respectivos, 56 y 36, suman 92.)

Meitner y su sobrino, **Robert Otto Frisch**, que se hallaba en Copenhague (Dinamarca), escribieron un artículo en el que sugerían que era este proceso el que realmente estaba ocurriendo. El trabajo fue publicado en enero de 1939. Frisch se lo pasó al físico danés Niels Bohr, con quien estaba trabajando. El biólogo norteamericano William Archibald Arnold, que también estaba trabajando por entonces en Copenhague, propuso llamar fisión a esa fragmentación del núcleo de uranio en dos mitades; era el término que se utilizaba para designar la división de las células vivas. El nombre hizo fortuna.

En enero de 1939, más o menos cuando se publicó el artículo de Meitner y Frisch, llegó Bohr a los Estados Unidos para asistir a un congreso de físicos, llevando consigo las noticias referentes a la fisión. Los demás físicos que asistían a la conferencia escucharon las noticias y, en un estado de gran excitación, se pusieron inmediatamente a estudiar el problema. En cuestión de semanas se confirmó una y otra vez la realidad de la fisión del uranio.

Pronto se comprobó que la fisión del uranio liberaba algo así como diez veces más energía nuclear por núcleo que cualquier otra reacción nuclear de las que se conocían por entonces. Así y con todo, la cantidad de energía liberada por la fisión del uranio era una fracción minúscula de la energía que exigía la preparación de los neutrones utilizados para provocar la fisión, en el supuesto de que cada neutrón que golpease contra un átomo de uranio provocase una sola fisión de ese átomo. Pero la fisión iba mucho más allá.

### **La reacción nuclear en cadena**

¿No podría existir algo así como una reacción nuclear en cadena"? ¿Sería posible iniciar una reacción nuclear que produjese algo que iniciara nuevas reacciones, que a su vez produjeran algo que iniciara otras nuevas, y así sucesivamente?

Dado que la reacción nuclear se propagaría de un núcleo a otro con intervalos de millonésimas de segundo, en muy poco tiempo habría tantos núcleos desintegrándose que se produciría una enorme explosión. Y está sería, con toda seguridad, millones de veces más potente que las explosiones químicas ordinarias con la misma cantidad de material explosivo, pues en estas últimas se utiliza sólo la interacción electromagnética, mientras que las otras aprovechan la interacción nuclear, que es mucho más intensa. Pero ¿y la fisión del uranio? La fisión del uranio la iniciaban neutrones lentos. ¿Y si la fisión del uranio, aparte de ser iniciada por un neutrón, produjera a su vez neutrones? Estos neutrones producidos ¿no servirían para iniciar nuevas fisiones, que a su vez producirían nuevos neutrones, y así interminablemente?

El proceso de la fisión del uranio fue estudiado de inmediato con el fin de averiguar si realmente se liberaban neutrones o no, y una serie de físicos, entre ellos **Leo Szilard**, comprobaron que sí. Szilard, que se había establecido en los Estados Unidos en 1937,

entrevió claramente la tremenda fuerza explosiva de algo que verdaderamente había que llamar una bomba nuclear. Y Szilard temía la posibilidad de que Hitler llegara a hacer uso de esa bomba gracias a los trabajos de los científicos nucleares alemanes.

Szilard recabó los servicios de otros dos refugiados húngaros, los físicos **Eugene Paul Wigner y Edward Teller**, y juntos recurrieron a Einstein, quien también había huido de Alemania a América. Albert Einstein era el científico de más prestigio en aquel momento, y se pensó que una carta suya dirigida al Presidente de los Estados Unidos sería lo más persuasivo. Einstein firmó la carta, en la que se explicaba la posibilidad de fabricar una bomba atómica y se urgía a que los Estados Unidos no permitieran que un enemigo potencial se hiciera antes con ella. En gran parte como resultado de esta carta se reunió en los Estados Unidos un gigantesco equipo de investigación, al cual contribuyeron también otros países occidentales y con un solo objetivo: fabricar la bomba nuclear.

(Fragmentos extraídos de la siguiente fuente bibliográfica)

**Libro: Isaac Asimov - La Historia de la energía nuclear (1985)**