

Relación entre la energía y la materia

La energía calórica es esencial para la vida en nuestro planeta. Muchos procesos vitales de los seres vivos dependen del calor, la mayor cantidad de calor que se genera hoy día se libera de la combustión de los combustibles fósiles, estos combustibles causan problemas ambientales en el planeta y es necesario buscar otras fuentes de energía. El calor que permite la vida en nuestro planeta proviene del Sol, nuestra estrella.

La composición de la materia

Las sustancias están compuestas por moléculas y estas a su vez están formadas por átomos. Los átomos contienen partículas aún más pequeñas llamadas electrones, protones y neutrones, entre otras.

Los protones y los neutrones se encuentran en el núcleo del átomo, y los electrones están distribuidos alrededor de este. Sin embargo, estas no son las únicas partículas subatómicas. Hace más de treinta años se pensaba que eran las partículas más pequeñas de la materia, pero la estrecha relación entre la materia y la energía, uno de los fundamentos de la teoría cuántica, llevó a revisar esta idea. La teoría cuántica es la teoría física que estudia el comportamiento de los objetos físicos a nivel microscópico (átomos, núcleos, partículas).

El descubrimiento de la energía atómica

Marie Curie, con la ayuda de su esposo, el químico francés Pierre Curie, y la colaboración de Henri Becquerel, descubrió la radiactividad, término proveniente del elemento radio, en el cual descubrió la emisión de unos misteriosos y muy potentes rayos de energía que resplandecían en la oscuridad. A partir de este descubrimiento, decidieron investigar las causas del fenómeno, lo que los condujo al descubrimiento del elemento radio, el más potente de los elementos radiactivos. Este descubrimiento abrió un nuevo campo a la física: la exploración en el interior de átomo.

Buscamos más información acerca de la teoría cuántica.

Teoría de la relatividad de Einstein

Fueron las ideas de Albert Einstein las que cambiaron los conceptos de la física tradicional, tanto la atómica como la astronómica. Einstein, un genio de la física, demostró que la velocidad de la luz (300 000 km/s) en el vacío es constante, y desarrolló la teoría de la relatividad, la cual sostiene que la masa y la energía son distintas formas de una misma cosa, a lo cual denominó masa-energía. Según su teoría, la magnitud de una masa (m) multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado (c^2), equivale a una cantidad de energía (E), de allí su ecuación $E = mc^2$, es decir, la masa es energía y la energía podrá convertirse en materia. Esta ecuación combina la Ley de la conservación de la masa con la Ley de la conservación de la energía.

La idea de crear materia a partir de la energía fascinó a los físicos, que se dedicaron a

comprobar lo que hasta entonces era solo teoría. Este fenómeno dio origen a la carrera atómica y a la liberación y utilización de la energía atómica en diversas formas.

Comprobación de la teoría de la relatividad

Los principios establecidos por Einstein y los conocimientos de la radiactividad descubiertos por los Curie y por su colaborador Henry Becquerel, hicieron pensar a los físicos que, en condiciones controladas, podría manipularse grandes cantidades de energía y de esta manera escudriñar en la naturaleza de la materia.

Estas cantidades de energía podrían obtenerse "destruyendo" la masa de los electrones si se les hacía chocar a gran velocidad con otras partículas de igual masa, pero con carga positiva, denominadas positrones. Los positrones son otras subpartículas atómicas descubiertas al tratar de demostrar la teoría de la relatividad.

En 1960, el físico Bruno Touscheck propuso que si se hacían girar los positrones y los electrones a lo largo de una trayectoria circular pero en direcciones opuestas, estos chocarían produciendo energía suficiente para la creación de nuevas partículas de materia. Este sistema recibe el nombre de colisionador electrón-positrón, o aceleradores de partículas o ciclotrones.

Los primeros aceleradores de partículas o ciclotrones no solo permitieron verificar la teoría de Einstein acerca de la materia y la energía, sino que también permitieron descubrir que las llamadas partículas fundamentales, protones, electrones y neutrones, están a su vez constituidas por otras partículas: los **quarks**.

Uno de los aceleradores de partículas más grandes y conocidos está en la frontera franco-suiza y funciona como parte del laboratorio Europeo para la Física de Partículas (CERN), otro se encuentra en el campus de la Universidad de Berkeley, Estados Unidos.

Procesos de liberación energía del núcleo del átomo

La radiactividad es una forma natural de liberar la energía del núcleo del átomo y ocurre en los elementos radiactivos como el radio, el torio, el plutonio y el uranio. La desintegración radiactiva afecta a los protones y neutrones que constituyen el núcleo. Normalmente se caracteriza por la emisión de partículas alfa o beta, de positrones, de emisión de rayos gamma y la captura de electrones que pasan al núcleo uniéndose a un protón y transformándolo en un neutrón. La radiactividad es nociva a la materia viva.

El uranio emite partículas alfa al emitir dos protones y dos neutrones, formándose dos nuevos elementos: el helio (He) y el torio (Th). En el proceso, el uranio con número atómico 92, pasa a torio con número atómico 90, y así hasta que se transforma en un elemento no radiactivo.

Los elementos que poseen la propiedad de emitir partículas radiactivas son los elementos pesados, ubicados en la tabla periódica entre el polonio y el uranio inclusive.

Los elementos radiactivos presentan las siguientes propiedades:

- Revelan las placas fotográficas.
- Hacen que sustancias como el sulfuro de cinc, el cianuro, el bario y otras, se vuelvan fluorescentes.
- Ionizan el aire que los rodea.
- Emiten calor.
- Elevan la temperatura a su alrededor.
- Destruyen los tejidos animales.

Investigamos sobre las dimensiones de un ciclotrón, su estructura, costos y forma en las cuales funcionan.

Procesos de fisión y fusión nuclear controlados

La radiactividad encierra dos procesos de reacción: la **fisión** y la **fusión**. En la naturaleza ocurre normalmente con un autocontrol natural. Gracias a los estudios del físico Enrico Fermi, en 1942 se realizó el proceso de fisión con reacción en cadena en un laboratorio de forma controlada. Esta experiencia inició la era atómica, cuyo primer uso causó destrucción durante la Segunda Guerra Mundial.

Para realizar este proceso se utiliza un reactor nuclear. En él se bombardea el núcleo del átomo de un elemento radiactivo pesado, usualmente el uranio 235, con neutrones que viajan a gran velocidad. Al romper el núcleo, las partículas que salen del mismo van a romper otros núcleos y así sucesivamente creando una reacción en cadena. Los fragmentos resultantes del uranio tienen menos masa que el original y se libera una gran cantidad de energía calórica y radiactiva.

Un protón rompe un núcleo y las partículas que salen rompen otros núcleos y así se siguen rompiendo más núcleos hasta que se detiene la reacción.

El otro proceso utilizado por la naturaleza e imitado por los seres humanos es el proceso de fusión nuclear, el cual libera mayor cantidad de energía calórica y radiactiva que el de fisión. Este proceso consiste en fusionar dos núcleos atómicos livianos para formar un núcleo más pesado. El proceso de fusión fue descubierto en el Sol, donde átomos de hidrógeno (H) se fusionaron entre sí formando el elemento helio (He⁴). En la fisión se parte de núcleos muy pesados que se van convirtiendo en elementos menos pesados y menos radiactivos, en la fusión dos núcleos livianos forman uno más pesado con la liberación de electrones y una gran cantidad de energía (ver figura 9.8). Esta reacción se lleva a cabo en un reactor nuclear y se usan los dos isótopos conocidos del hidrógeno, el **tritio** y el **deuterio**. De esta experiencia salió la conocida **Bomba H** o **termonuclear**, de gran poder destructivo.

El proceso es algo complicado, ya que se deben unir dos núcleos cargados positivamente que tienden a rechazarse, por lo que hay que vencer la fuerza con la que se repelen. Por esto se hacen chocar los núcleos de los átomos en un acelerador de partículas, o comprimiendo esferas de combustible mediante haces de láser, pero estos sistemas resultan muy caros. Desde hace años se utiliza una técnica que consiste en calentar el deuterio en un reactor a altas temperaturas hasta que los átomos de gas pierdan su electrón.

El gas queda ionizado y alcanza el estado de plasma (cuarto estado de la materia), los núcleos chocan entre sí y generan la fusión. Para que el plasma no toque las paredes de la máquina, se encierra dentro de un campo magnético.

El núcleo del Sol es la central más poderosa en donde el proceso de fusión se produce de forma natural en su interior y donde los núcleos de hidrógeno chocan constantemente entre sí liberando toneladas de energía.

Los reactores nucleares

Los **reactores** son recipientes en cuyo interior tienen lugar reacciones químicas o fisicoquímicas. En ellos se lleva a cabo la fisión de los núcleos atómicos citados anteriormente. Las reacciones se producen en las **barras de combustible**, que suelen ser de uranio enriquecido, como el óxido de uranio. La velocidad de la reacción puede controlarse de diferentes modos. En primer lugar se regula el flujo de neutrones en el interior de la cámara donde tiene lugar la reacción. Existe un moderador que controla la reacción ya que frena los neutrones para que la fisión se produzca con más lentitud. Existe un reflector que captura y devuelve los neutrones que abandonan el núcleo del reactor. Para evitar que el número de neutrones aumente demasiado, se emplean barras de control, normalmente de cadmio.

Estas barras se introducen a diferentes profundidades entre los elementos combustibles, según la velocidad de reacción requerida. Mediante todos estos procedimientos de control, la radiación producida por el reactor se mantiene dentro de límites aceptables.

La **energía calorífica** o **calórica** liberada es muy grande, por lo que es preciso enfriar el núcleo haciendo circular constantemente a su alrededor un fluido refrigerante. Este puede consistir simplemente en agua, que se convierte en vapor y se emplea para accionar turbinas. Así esta agua actúa también como moderador.

La tecnología nuclear exige el empleo de sistemas eficaces de protección, ya que los productos radiactivos son extremadamente peligrosos, por esta razón, el reactor de una central eléctrica que es un aparato enorme, se encuentra encerrado en muros de seguridad fabricados de hormigón reforzado, un material que absorbe muy bien la mayoría de las radiaciones; el espesor de estos muros puede ser hasta de un metro. En los reactores utilizados con fines científicos, el núcleo suele estar sumergido en agua.

Si la explosión atómica no es controlada no se capturan neutrones por lo que la fisión se produce rápidamente, liberando enormes cantidades de energía, que es el caso de las bombas. Hoy en día, se está sustituyendo el reactor nuclear tradicional por uno que, en vez de barras radiactivas y agua, utilice cientos de miles de esferas del tamaño de una bola de tenis que contienen corazones de uranio radiactivo que calientan helio. El helio hace girar las turbinas, generando energía.

Los subproductos de la fisión nuclear suelen usarse como preparados radiactivos, como los radioisótopos que se usan en medicina, la fisión para producir energía eléctrica, las radiaciones para preservar alimentos, entre otros usos.

En medicina se utiliza en la radioterapia para matar las células cancerosas, que son más sensibles a la radiactividad.

En el diagnóstico de enfermedades, es posible seguir con facilidad las moléculas que contienen átomos radiactivos por todo el cuerpo al trazar la trayectoria radiactiva. Así se pueden detectar con un contador de centelleo las obstrucciones por coágulos sanguíneos, constricciones y otros trastornos circulatorios, problemas en las tiroides y otras glándulas endocrinas, así como también problemas del tubo digestivo. También se utilizan los rayos X para el diagnóstico de fracturas óseas y para examinar los pulmones y otros órganos.

En la preservación de alimentos, es posible destruir bacterias con radiaciones, aunque en ocasiones se produce un cambio en el sabor de los alimentos. Las radiaciones también se emplean para matar bacterias en aguas negras, así como los insectos y hongos de los granos. También se utiliza para esterilizar equipos médicos.

En el control de plagas, la radiación se utiliza para controlar las plagas de insectos, sin dañar las que son útiles ni a otros seres vivos. La esterilización con rayos gamma de los machos del gusano barrenador permitió erradicar esta plaga de los Estados Unidos desde 1966.

La radiación se utiliza también en las centrales nucleares para producir electricidad, con un rendimiento millones de veces superior al rendimiento de los combustibles fósiles. En este caso se aprovecha el vapor que resulta del calentamiento del agua en contacto con el reactor nuclear para hacer girar poderosas turbinas, que generan una gran cantidad de electricidad. Algunas ventajas de utilizar una planta de energía nuclear son:

- No consumen combustible fósil, por lo tanto no producen emisiones de partículas y gases contaminantes que acompañan el consumo de combustibles.
- La energía eléctrica que se genera es más barata.

La producción de electricidad en esta forma también tiene sus desventajas, pues provoca una tremenda contaminación térmica al verter el agua sobrecalentada en ríos y lagos, matando peces y otros organismos.

A pesar de sus beneficios, la energía nuclear es peligrosa, ya que altera el comportamiento normal de las células y es la causa principal de las diferentes formas de cáncer. Así mismo, se ha convertido en un problema por la acumulación de los residuos nucleares que han pasado a ser tan contaminantes como los derivados del petróleo. Los residuos nucleares son un problema para los gobiernos en donde hay centrales nucleares, debido a que no saben que hacer con ellos, ya que muchos conservan su radiactividad por muchísimos años, por lo que tratan de ubicarlos en regiones lejanas, donde no perjudiquen los ecosistemas ni la vida dentro de ellos.

La radiactividad penetra en los tejidos vivos como si fueran balas pequeñísimas capaces de despedazar las moléculas. En pequeñas dosis no mata las células, pero daña el material genético.

Cuando se expone el cuerpo a niveles mayores de radiación, se bloquea la reproducción celular, impidiendo la regeneración normal de la sangre, de la piel y de otros tejidos, con lo que sobreviene la muerte en poco tiempo.

También han sucedido escapes de radiación en las grandes centrales nucleares como en Chernobyl, Ucrania, en abril de 1986, cuando un daño en uno de sus reactores nucleares permitió el escape de radiactividad que causó mucho daño a los humanos y a los ecosistemas propios y de países vecinos.

Otro uso que se le da a la energía atómica hoy día es el de servir en los medios de transportes como los submarinos nucleares y los portaviones nucleares cuya fuente de energía es liberada en reactores nucleares. También se usa en aviones de guerra que portan misiles nucleares.

El fenómeno de liberar energía para beneficio y para perjuicio de la humanidad está a la libre voluntad del ser humano, la naturaleza brinda todo lo bueno, los humanos decidimos cómo usar lo que se nos da.