ANIVERSARIO DE LA FUNDACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA.

PARANINFO DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Octubre de 1966

Por: Ing. Hugo Tobar

DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA ESPOL

LAS APLICACIONES DE LA ENERGÍA NUCLEAR

1. CONCEPTOS NUCLEARES BASICOS

1.1. INTRODUCCION

Se ha dicho que las ideas del Mundo Físico se dividen en tres categorías: En primer lugar, se sitúa lo que se sabe sobre objetos grandes; en segundo lugar se sitúan las ideas sobre objetos pequeños, como el núcleo y partículas elementales; y en tercer lugar, prácticamente todo lo demás, incluyendo la mecánica clásica, la electrodinámica, la relatividad especial y física atómica, etc., solamente en esta tercera categoría están los conocimientos organizados en términos de una teoría consistente; la forma más comprensiva y altamente desarrollada de mecánica cuántica, llamada electrodinámica cuántica, como alguno dijo:

"Este es el único campo en el cual podemos escoger un experimento hipotético y predecir su resultado hasta el quinto lugar del decimal, confiados de que la teoría toma en cuenta todos los factores comprendidos".

Se espera reformulaciones de la electrodinámica cuántica, trayendo con ellas indudablemente nuevos conocimientos; sin embargo, lo citado continua siendo verdad.

Tal feliz situación no existe en la segunda categoría; en lugar de una teoría unificante, existen islas de sabiduría coherentes en un mar de factores no correlacionados. Verdaderamente el problema central de la física nuclear, el de la comprensión de las fuerzas que mantienen el núcleo unido y que todavía no ha sido resuelto.

1.2. HISTORIA

La física nuclear comenzó en el año 1896 cuando Henri Becquerel descubrió la radioactividad natural de los compuestos de uranio. Durante experimentos con la luminosidad de la sal de uranio, fue lo suficientemente perspicaz para notar este nuevo fenómeno. Desde esa fecha la Física Nuclear avanzó notablemente y se citan:

LOS ACONTECIMIENTOS DE IMPORTANCIA EN LA FÍSICA NUCLEAR

FECHA	ACONTECIMIENTO	EXPERIMENTADORES	PAIS
1896	Descubrimiento de la Radioactividad.	H.A. Becquerel	Francia
1905	Se proclama la equivalencia de masa y energía	Einstein	Suiza
1909	Las partículas Alpha demostradas son partículas de helio	Rutherford y Royds	Inglaterra
1913	El descubrimiento de Isótopos estables	J.J. Thomson	Inglaterra
1913	El descubrimiento de rayos cósmicos	Hess	Austria
1926	La Mecánica Cuántica	Schrodinger, Born, Heissemberg, Nad Jordan	Alemania
1932	El primer ciclotrón	Lawrence	EE.UU.
1932	El descubrimiento del neutrón	Chadwick	Inglaterra
1934	El descubrimiento de radioactividad artificial	Joliot Irene Curie	Francia
1939	El descubrimiento de la fisión nuclear	Hahn y Strassman	Alemania

1942 El primer reactor Kerst EE.UU.

1.3 LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA:

La física nuclear como en todas las ramas de la ciencia, es deseable un punto de vista unificado, uno que es aceptado por unos, pero de ninguna manera por todos los científicos de hoy; es el "POSITIVISMO LOGICO", cuyo padre fundador fue el físico austríaco Ernst Mach. He aquí sus características principales:

1. Cantidades como: la carga, la temperatura, la masa y la longitud de un cuerpo no son consideradas como cosas, cuya naturaleza es comprendida intuitivamente; estas son definidas como resultados objetivos de ciertas operaciones prescritas que pueden ser llevadas a cabo en el laboratorio. "Largo de una vara", tiene significado en esta forma, como un concepto abstracto, "Largo" es de menor interés. Este punto de vista operacional es la base de esta filosofía.

2. Las Leyes Físicas son relaciones entre cantidades operacionalmente definidas que siempre ocurren cuando se hacen ciertos experimentos.

3. El papel de la teoría, es dar a base de la menor hipótesis posible, una descripción simple de todos los experimentos que sean posibles. La pregunta de la ultima verdad de la Hipótesis simplemente no sale a relucir.

4. Hipótesis y teorías pueden ser renovadas en cualquier momento por otras de mayor provecho, y/o por otras que describan más experimentos o

los mismos en una forma más sencilla. Átomos, núcleos y "partículas fundamentales" en general son hipótesis de mayor o menor provecho.

Sobre este tema:

"Un positivista dedicado al operacionalismo, no ve manera de decidir si una teoría dada o una hipótesis representa "la verdad absoluta" o no; como resultado el tiende a descartar tal concepto, su meta es descubrir lo más compactamente posible, el sentido de las percepciones que llegan o pueden llegar dentro de esta experiencia. Es claro que el trabajo de la ciencia nunca termina, quien se atrevería a decir que una teoría dada es la forma más simple, o que los factores en variación con ella no serán descubiertos en el futuro. Durante un tiempo, todo físico creía que las leyes de Newton representaban la absoluta verdad en el campo de la mecánica. Se sabe que estas leyes ya no se aplican a cuerpos cuyas velocidades son apreciables comparadas con la velocidad de la luz. Aquí se debe usar la teoría especial de la relatividad, la que surge lógicamente cuando se dan definiciones operacionales a grupos de palabras como "la longitud de un cuerpo" y "la diferencia del tiempo entre dos eventos". El punto de vista del positivismo es aquel que establece que las leyes de Newton no no-verdaderas y la teoría especial verdadera, pero que la última que incluye mecánica Newtoniana como un caso especial, si es una etapa adelante porque correlaciona más percepciones del sentido.

La filosofía de la ciencia no es por si misma muy ciencias materia. Carece por ejemplo la posibilidad de verificación por experimento; esto trae un elemento de apelamiento a la autoridad, un elemento actualmente descartado extensivamente de la ciencia misma. Muchos científicos sobresalientes han escrito sus puntos de vista filosóficos, entre ellos: Einstein, Heisemberg, Von Wiezsacker, Schrodinger, Edington, Plank, etc. hay descorazonamiento pero no sorpresa, al encontrar que estos grandes hombres no están de acuerdo en todos estos asuntos; aunque no existen muchos extremadamente positivistas entre ellos, la mayoría tienen elementos positivistas en sus pensamientos.

Todas las substancias están hechas de uno o más de alrededor de noventa materiales simples, conocidos como elementos entre ellos, el nitrógeno, el oxigeno, el carbono, el hierro, etc.

El átomo es la menor parte de un elemento que observa las propiedades de este.

El descubrimiento de la radioactividad unida a la demostración independiente de Tompson de la existencia del electrón, proporcionaron las bases para la elaboración de teorías acerca de la estructura atómica.

El hecho de que los átomos de elementos radioactivos se transformen en otros, emitiendo partículas cargadas positivas o negativas hizo suponer que los átomos estaban compuestos por cargas de estos signos y dada la neutralidad

eléctrica del átomo en condiciones normales, las cargas de los dos signos debían de ser numéricamente iguales.

El átomo está constituido por una espera de electricidad positiva llamada el núcleo, en cuyo interior se encuentran los protones y los neutrones, siendo aquellos los encargados de portar la carga; los neutrones son elementos sin carga cuyo peso es igual al de los protones.

Orbitando alrededor del núcleo se encuentra la nube de electrones los portadores de la carga negativa.

El número total de partículas nucleares o nucleones constituye el número de masa del elemento. El número de protones viene a constituir el número atómico del elemento.

El radio del núcleo cuantitativamente visualizado es igual a:

$$R = 1.5 \times 10(\text{a la} - 13\text{c A } 1/3)\ \text{cm}$$

A causa de las fuerzas electrotasticas de repulsión de las cargas positivas del núcleo y dado su reducido tamaño y gran densidad, existen en el interior del núcleo fuerzas de atracción, específicamente nucleares que actúan entre ellas cuya naturaleza es más completa que la fuerza gravitatoria o electromagnética de la física clásica y tiene que ser intensa dentro de este y del orden del radio nuclear es decir, que son fuerzas de corto radio de acción que en el interior del núcleo pierden intensidad rápidamente, predominando entonces las fuerzas

columbianas de repulsión. La intensidad de las fuerzas nucleares es tan grande que el trabajo necesario para dividir un núcleo en sus partículas constituyentes, llamada "la energía de enlace entre los nucleones" es mucho mayor que el necesario para separar un electrón orbital; mientras el último es de orden de los electrovoltios, las variaciones de energía en el núcleo son del orden de millones de electrovoltios.

Precisamente, la magnitud de las energías antedichas asociadas con las transformaciones nucleares es la causa de las aplicaciones en gran escala de la física nuclear y por lo tanto la aparición de la energía nuclear. Estas aplicaciones están basadas en dos formas o métodos de obtención:

1. rompiendo el núcleo para que el balance de energía sea favorable y utilizable.

2. Uniendo núcleos para que así mismo este balance tenga el mismo fin.

El primero se conoce como la fisión nuclear y el segundo como la fusión nuclear.

(1) El proceso de fisión fue descubierto en 1939 como resultado del bombardeamiento de átomos de uranio por neutrones lentos. La palabra "Fisión" prestada de la biología, representa el rompimiento de un núcleo que en el caso específico del uranio produce dos fragmentos radiactivos, tres neutrones como termino medio, partículas Gama, Beta y gran cantidad de energía.

Las posibilidad de usar los elementos del número atómico depende de la energía de enlace entre los nucleones que aumenta como este número atómico de trece siendo la reacción exotérmica.

Para elementos ligeros este proceso es contrario, por lo tanto, uniendo átomos ligeros se incrementa la energía total de enlace o sea que esta "fusión" exotérmica.

Para producir energía en la escala microscópica por medio de la fusión es necesario que los elementos ligeros tengan la energía suficiente para sobrepasar la barrera potencial de coulomb. La condición necesaria para tales reacciones termonucleares, radica en la temperatura que sea suficiente como para producir energía cinética en las partículas por efecto de la agitación térmica.

En un caso específico dos átomos de deuterio energizados producen un átomo de tritio más un neutrón más una gran cantidad de energía. Por efecto de la fisión, los fragmentos producidos son inestables y decaen a elementos estables emitiendo radiaciones, produciendo así la radioactividad nuclear, factor negativo de este aprovechamiento de energía.

(3) Es la fisión nuclear la forma que mayor desarrollo ha tenido y la liberación de tres neutrones, durante cada proceso facilita el establecimiento de una reacción en cadena, de carácter exponencial con relación al tiempo por lo que, si no se controla, el resultado es una explosión; siendo el caso de la bomba atómica.

Una explosión es, la entrega o desprendimiento de una gran cantidad de energía en un intervalo corto de tiempo y dentro de un espacio limitado. Los gases producidos a temperatura y presión alta desplazan rápidamente empujando el medio y con gran fuerza causando la detonación y shock destructivo una gran proporción de energía, es emitida como luz y calor, conocida como radiación térmica, productora de incendios a grandes distancias.

(4) La explosión es también acompañada de unos rayos altamente penetrantes o sea la radiación nuclear inicial; finalmente, los fragmentos de fisión emiten radiaciones por un periodo extenso de tiempo lo que constituye la radiación nuclear residual. El poder de la explosión nuclear se expresa comparativamente con la energía liberada por el T.N.T. cuando explota.

Los fenómenos inmediatos asociados con una explosión nuclear, así como sus otros defectos varían con la localización del centro de explosión respecto a la superficie de la tierra:

1.- explosión aérea
2.- explosión submarina
3.- explosión subterránea
5.- explosión superficial.

Algunos de los neutrones producidos en la fisión se pierden por escape o captura en procesos no fisionables y para que la reacción encadenada sea mantenida, debe establecer comisiones para que las pérdidas de neutrones se anulen.

El escape de neutrones ocurre en el exterior de la masa de uranio y la producción es repartida en su volumen y por lo tanto cuando se alcance el balance de uno a uno se ha logrado la masa crítica y si no la subcrítica.

Para continuar con la reacción en cadena es necesario que la masa total sea por lo menos igual a la crítica, es decir estar en el campo de la supercrítica, esto último ha sido obtenido de dos maneras:

Dos o más partes en estado subcritico son unidad rápidamente para lograr el supercritico.

Una cantidad de masa subcritica es fuertemente comprimida para reducir del área y conseguir el estado de supercritico.

Inmediatamente de una explosión nuclear se forma una esfera luminosa llamada bola de fuego, por las radiaciones térmicas; los productos de fisión emiten las radiaciones de gran radio de acción en el aire.

(5) Por efectos de la explosión, un frente de detonación y shock se desplaza rápidamente que al encontrarse con la tierra produce otro de reflexión. A cierta distancia, estos dos frentes se unen para formar un frente reforzado que se conoce como el frente Mach con poderes destructivos altamente peligrosos.

El ascenso de la bola de fuego causa corriente contraria al aire que viene a formar una nube en forma de hongo, diez minutos más tarde en artefactos de poder moderado, la cabeza del

hongo se dispensa por el viento quedando los estragos fatales de la radioactividad residual. Esta energía producto de la V ha sido con éxito probada y usada para la construcción de canales y excavaciones que por los métodos convencionales son altamente demorados y costosos.

(6) Si la tierra o un área de suelo seco por efecto de la explosión se produce un cráter y en el suelo mismo una zona de rotura con innumerables rajaduras y la zona plástica que queda permanentemente deformada. La extensión de esta zona depende de la superficie y energía del artefacto, siendo por lo tanto, esta las formas de uso y aplicación de la reacción en cadena no controlada.

(7) Bajo otras condiciones la reacción en cadena puede ser controlada y llegar a un estado estacionario en que se produzcan tantos neutrones como se consumen o sea el estado critico ya enunciado, manteniendo el número constante de fisiones por segundo y la energía liberada capaz de utilizarse como fuente de energía.

Cuantitativamente un átomo de uranio 235 produce 3,2 x 10 - 11 watios-seg. de energía y la fisión completa de 1 kg., capaz de producir 1.000 MW de potencial, si esta se lleva a cabo en el lapso de un día e igual a una planta que consuma 2.500 tons. de carbón por día. Esta ha sido la razón lógica para el desarrollo tecnológico y las investigaciones de este campo.

(8) Los reactores productores de energía por su instalación son marinos o terrestres y sus elementos constitutivos tienen un paralelismo con las fuentes de poder a base de combustibles sólidos. Los viajes interplanetarios siendo ya una realidad, han hecho necesario por las condiciones favorables de la energía nuclear el concurso de este, para lograra sus fines y su comisión de energía atómica junto con la administración nacional del aire y del espacio de los EE.UU. de N.A. ha elaborado el proyecto "Apolo", el cohete nuclear, cuya meta es la Luna.

(9) Los neutrones de cualquier energía pueden provocar la fisión del uranio que llevan, razón por la cual se le distribuye en reactor un material modelador encargado de frenar y reducir energía a los neutrones. Estos pueden ser el grafito, el agua pesada o el berilio. Para la liberación de energía se circula un refrigerante que pudiera ser agua, gases o incluso un metal liquido.

Estos artefactos productores de reacciones en cadena controlados o reactores nucleares, se usan como instrumento en la investigación como productores de materia; fisionable y como fuente productora d energía.

(10) La radioactividad por efecto de las transformaciones nucleares al interaccionar con la materia produce ya sea directa o indirectamente la ionización que es el principio fundamental en la detección de la radioactividad y también en su uso y aplicaciones.

El flujo radiactivo al ser dirigido contra una película de materia interacción produciendo la ionización de la materia en la que es absorbida, parte de esta se refleja y parte se transmite y cada uno de estos pormenores tiene una probabilidad de ocurrencia dependiente de la clase de radiación su energía y el material de colisión. Las radiaciones son las partículas eléctricamente cargadas como las alfa, las beta, los protones y los mesones que pierdan su energía cinética por interacciones con los electrones orbitales.

Los rayos gamma o radiación electromagnética no producen la ionización directamente sino que lo hacen a través del efecto foto eléctrica, el conton o la producción de par electron-positon.

Los neutrones energizados, que al chocar con los protones en materiales hidrogenosos producen su desprendimiento y la consiguiente ionización.

Todos estos mecanismos han sido usados extensivamente en el campo de la energía para ocupaciones varias a la vida real. Para hacer un análisis comparativo a través de la época de consumo y necesidades futuras se recuerda los consumos de energía edad por edad y la existencia actual de los combustibles convencionales dando como resultado que para satisfacer las necesidades de la humanidad la aplicación directa de la energía nuclear es la única fuente adicional para llenar el vacío producido por el desarrollo de la humanidad.