

VULGARIZACIONES ATOMICAS

LA BOMBA DE HIDROGENO

Por JUAN MACHIMBARRENA,
Ingeniero de Caminos.

Después de dedicar un merecido elogio al trabajo de nuestro compañero Muñoz Oms sobre el aprovechamiento industrial de la energía nuclear, y al no tratarse en él de la bomba de hidrógeno, presenta el autor una sucinta y clara descripción de la misma, que, como dice al final, no se vislumbra pueda tener otra finalidad que la destrucción.

Hemos leído con fruición el competente e interesante trabajo publicado en uno de los últimos números de esta REVISTA por el distinguido compañero D. Victoriano Muñoz Oms, sobre "aprovechamiento de la energía nuclear con destino a la obtención industrial de energía eléctrica".

Representa dicho estudio una auténtica aportación al acervo técnico en materia de tan grandes posibilidades como la enunciada. La creación, en efecto, de ilimitadas fuentes de energía que, en nación como la nuestra, no dotada de excesivos cupos de otro origen, pueden abrir hacia el futuro perspectivas mucho más halagüeñas y optimistas que las hoy honradamente previsibles.

Con pluma experta y lúcida expone el Sr. Muñoz Oms en su referido artículo los conocimientos suficientes sobre la constitución del átomo, la técnica empleada para su "fisión" mediante los consabidos bombardeos neutrónicos. Calcula también perfectamente las equivalencias de energía derivada de las pérdidas de masa que entraña la escisión de los núcleos atómicos pesados y subsiguiente creación de

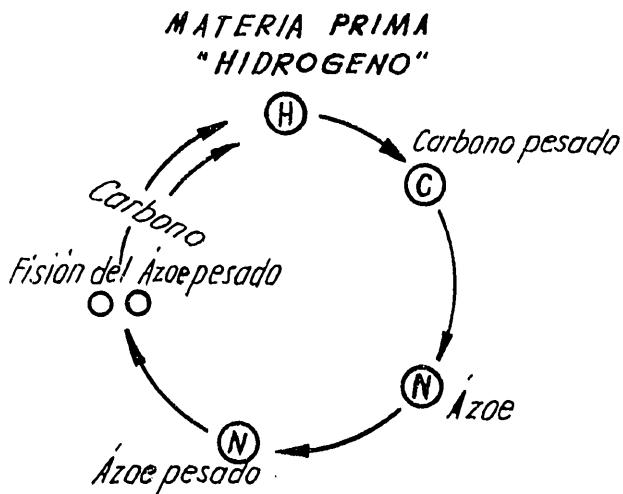


Fig. 2.ª -- Ciclo de Bethe.

átomos más ligeros. Describe las pilas atómicas, verdaderos hornos de producción de energía, en las que ésta, con todo su inmenso poder, es frenada, domada y controlada, para el servicio de fines exclusivamente pacíficos y utilitarios.

El tema es fascinante y ha sido tratado con mano maestra. No osaríamos insistir sobre el mismo si otras facetas relativas a la energía nuclear, también de gran interés actual, hubieran sido abordadas y expuestas por nuestro distinguido compañero. Nos referimos a la utilización puramente destructiva de la energía nuclear, no por la "fisión" del isótopo 235 del uranio (fig. 1.ª), sino por las integraciones del hidrógeno; en una palabra, intentamos decir algo sobre la siniestra y temida "bomba de hidrógeno".

Para empezar, poniendo a salvo la buena reputación de ese ligero gas, debemos advertir que no todas las combinaciones atómicas de este cuerpo tan simple son terroríficas.

En el llamado ciclo de Bethe (fig. 2.ª), el hidrógeno (un protón) lanzado a grandes velocidades como el neutrón en los bombardeos sobre el uranio, vence la resistencia de los núcleos del carbono y lo transforma sucesivamente: en ázoe, primero; en ázoe pe-

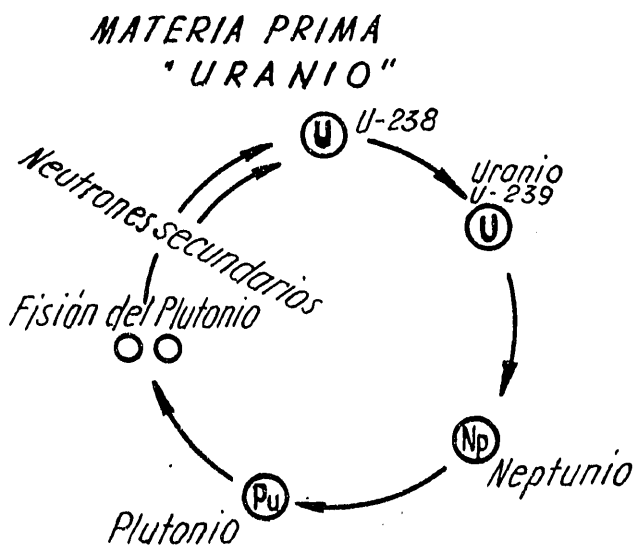


Fig. 1.ª -- Fisión del uranio.

sado, después, y luego, por fin, reconstituye el carbono inicial, haciendo su aparición el helio, acompañado de una enorme energía desprendida, diez veces mayor que la del uranio en su escisión.

Se verifica una verdadera combustión del hidrógeno a elevadísimas temperaturas, del orden de quince millones de grados. El carbono, presente al principio y final del ciclo, resulta actuando como un elemento catalizador.

¿Dónde y cómo se efectúa esta combustión del hidrógeno? Sin ir más lejos, en el sol. En éste tiene constantemente lugar el proceso de Bethe descrito, sólo que su duración es de unos cinco millones de años.

Más terco y espabilado que el mencionado astrorey, el hombre, no conformándose con esperar tantos años para obtener la codiciada energía producida por la formación del helio, ha logrado reducir a una fracción de segundo tan inmenso plazo y elevar la temperatura necesaria para esa operación a más de veinte millones de grados. La previa explosión de una bomba de uranio ha realizado lo que hubiese parecido milagroso alcanzar.

Pero dejando el pacífico ciclo de Bethe, basado en la combustión del hidrógeno a imponentes temperaturas en presencia del carbono, ocupémonos de las realizaciones últimas fundadas en la formación del helio por fusión en determinadas condiciones de isotopos del hidrógeno. Esto es, de la bomba H.

Desde que vivimos a la sombra de la famosa ecuación de Einstein: energía = masa por cuadrado velocidad de la luz, el hidrógeno pesado (agua pesada) llamado "deuterio", ha sido, para diversos fines atómicos, un cuerpo de inestimable valor. Ya en la última conflagración mundial fué objetivo de los primeros comandos aliados desembarcados en Noruega la inutilización de fábricas en que se producía el agua pesada.

Sabemos que el hidrógeno, cuerpo el más simple en su constitución atómica y el primero en la tabla de Mandeleieff (el último, el californium de número atómico 98), posee como núcleo un sólo protón cargado de electricidad positiva y un electrón que gira en su torno con masa 1 800 veces menor a distancia de 53 Km. atómicos.

Aclaremos esto de las medidas atómicas empleadas para comprender las dimensiones y distancias dentro de ese mundo tan infinitamente pequeño. Se llama metro atómico a la billonésima parte del milímetro, es decir, a un mili-micro-micrón de nuestro apreciable metro.

El protón de un núcleo de hidrógeno viene a tener un diámetro de metro atómico, y el electrón, aunque de mucha menor masa, lo tiene de dos metros, y entre ellos la gran distancia atómica de 53 Km. llena de un inmenso vacío.

El hidrógeno pesado cuenta en su núcleo con un

protón y un neutrón (sin carga eléctrica) de dimensiones análogas, y el "triterio" con un protón y dos neutrones.

Para comprender las reacciones de los átomos de hidrógeno y su función explosiva al formar el helio (compuesto de dos protones y dos neutrones), precisan algunas nociones electromagnéticas privativas de los átomos en general. Son de apasionante interés y mucho tememos que su exposición, siquiera sea esquemática, nos resulte poco afortunada.

Al objeto de alcanzar una comprensión de conjunto, nos referimos por el momento no sólo al átomo simplicísimo de hidrógeno, aunque sea pesado, sino al átomo en general, tan bien definido por Bohr.

Por de pronto, los núcleos atómicos pueden estar integrados por numerosos nucleones (protones y neutrones, pero con predominio en general de éstos). Su número puede llegar a los 240 en los de masa atómica máxima.

En cuanto a los electrones, como satélites planetarios, giran en torno del núcleo discurrendo por órbitas diferentes, ocupando "capas" o "niveles" de radios muy distintos y separados. Pueden girar al mismo nivel uno o varios electrones o no existir ninguno en cualquiera de esos núcleos. Así, el hidrógeno cuenta con un sólo electrón girando al nivel de 53 Km. de radio, y para saber de algunos otros, véase el cuadro a continuación, en el que se aprecia pueden girar hasta 98 electrones distribuidos en siete "capas".

Número de electrones presentes sobre cada nivel.

NUMERO ATOMICO	CAPAS						
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	6. ^a	7. ^a
1.- Hidrógeno. . .	1						
2.- Helio . . .	2						
3.- Litio	2	1					
4.- Glucinio . . .	2	2					
5.- Boro	2	3					
42.- Molibdeno . .	2	8	18	12			
46.- Paladio . . .	2	8	18	16	2		
47.- Plata	2	8	18	17	2		
48.- Cadmio . . .	2	8	18	18	2		
50.- Estaño	2	8	18	18	4		
80.- Mercurio . . .	2	8	18	32	18	2	
88.- Radio	2	8	18	32	18	8	2
92.- Uranio	2	8	18	32	21	9	2
94.- Plutonio . . .	2	8	18	32	23	9	2
98.- Californio . .	2	8	18	32	27	9	2

Continuando la enumeración de las características más señaladas del átomo, haremos mención, por su singularidad, de las llamadas "órbitas privilegiadas". Aunque matemáticamente todas las órbitas descritas

por los electrones son posibles, ya que sus movimientos se rigen por fuerzas de atracción y centrífugas análogas a las que presiden el movimiento de planetas y satélites en los sistemas macroscópicos del Universo, de hecho no ocurre así. Existe una serie discreta de radios que únicamente pueden estar ocupados por los electrones que el átomo contenga, que sabemos son en número igual a los protones del núcleo.

¿No es extraña tal ley? No lo es después de conocida la sorprendente y misteriosa de Plank, su famosa radiación negra y la discontinuidad de las emisiones energéticas en sus "cuantos" de acción, paquetes de energía radiados según una serie también discreta.

El vacío y la discontinuidad, fundamentos de la Naturaleza.

Esta conclusión se impone del estudio del átomo. Con estas leyes y con las trascendentales de Einstein sobre la relatividad, ¿qué lejos estamos de la física y mecánica tradicionales!!

Pero volviendo al átomo, a sus electrones y a las órbitas que hemos llamado privilegiadas, haremos mención, para justificar éstas, de lo que en mecánica ondulatoria se llaman ondas asociadas.

El eminente físico francés Louis de Broglie puso de relieve la asociación a todo grano radiante de energía (fotón) de un movimiento ondulatorio, a caballo del cual se transmite el corpúsculo energético.

Se adivina pronto lo que pasará en el caso del electrón planetario del átomo. Conociendo la velocidad de ese electrón (función de su distancia del núcleo) y su masa, un simple cálculo permitirá determinar la longitud de la onda asociada al movimiento.

Pero como la trayectoria es circular, o en todo caso de curva cerrada, el movimiento no será estable en tanto que la longitud de esta trayectoria no sea igual a un múltiplo de la longitud de onda.

En ese momento nos hallaremos en un sistema de ondas estacionarias. La analogía es evidente con un tubo acústico en forma de toro. El sonido emitido por éste tiene una frecuencia tal, que la longitud del toro corresponde precisamente a la longitud de onda o a un múltiplo de esta longitud (armónicas).

Estando, pues, fijadas las órbitas del electrón, no podrá éste discurrir sobre otras trayectorias, pues solamente circulando por las privilegiadas no radiará energía.

Vemos así que es difícil imaginar un átomo de hidrógeno con radio menor de 53 Km. Si así fuera, la atracción electrostática entre el núcleo y el electrón sería demasiado fuerte (varía en razón inversa del cuadrado de la distancia), por consecuencia, para alcanzar un equilibrio mecánico, la velocidad deberá aumentar y en esta hipótesis la longitud de la onda asociada al movimiento sería superior a la longitud

de la trayectoria. Es decir, que bajo el ángulo de la física ondulatoria, el equilibrio estable no sería posible.

Lo mismo sucedería si alejáramos el electrón de su órbita privilegiada. Se obtiene, en definitiva, que los radios posibles crecen como el cuadrado de los números enteros: 1, 4, 9, 16, 25 ...

Al hablar de las órbitas que los electrones recorren en torno al núcleo, se ha podido entender que son circulares. No hay tal cosa, salvo en particulares casos. Las trayectorias descritas son elípticas en general. Mantienen el diámetro mayor fijo, pero el otro puede ir reduciéndose desde el círculo hasta casi anularse.

Llamando (n) al nivel de los electrones con relación al núcleo y (b) al coeficiente de reducción del eje de giro, reunimos ya dos números "cuánticos" característicos del electrón. Pasemos ahora a definir los números magnéticos (también cuánticos) que han de completar la determinación de ese elemento atómico.

En el átomo de hidrógeno, por ejemplo, un electrón gira en torno al núcleo, supuesto éste inmóvil. Una corriente eléctrica no es, en realidad, otra cosa que un movimiento cíclico de electrones según un circuito dado, aun cuando éste no tenga un soporte material.

Así los electrones, circulando por una espira, sabemos dan lugar a un campo magnético perpendicular al plano del giro, campo que las leyes clásicas saben determinar en cuanto a sentido e intensidad (figura 3.^a).

Vemos, pues, que el átomo en cuestión se comporta en realidad como un pequeño imán, al cual se le denomina "magnetón", y tendremos, por consecuencia, que sumergido el átomo en un campo magnético, adoptará automáticamente una orientación determinada dependiente de las características del magnetón y de las del campo magnético ambiente.

Pues bien; estas orientaciones, siguiendo la misteriosa ley de Plank, serán también privilegiadas como los niveles de giro antes mencionados, pues el "cuanto magnético", que denominaremos (j), no

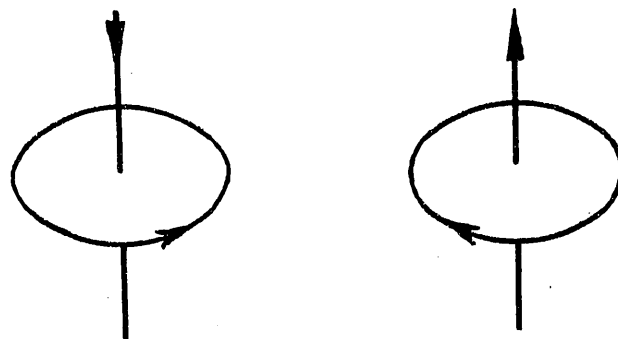


Fig. 3.^a— Campo magnético de una espira electrónica.

podrá tomar otros valores que los de la serie discreta llamada también por algunos de resonancia.

Por último, y para completar esta caracterización electromagnética del átomo, anotaremos que el electrón, al girar en su órbita, gira también sobre sí mismo, de modo análogo a como la tierra lo hace sobre su eje polar. Ahora, como el electrón es una pequeña esfera cargada superficialmente de electricidad negativa, al girar ésta producirá un campo magnético denominado "spin", que en inglés significa giro. Será normalmente perpendicular al plano de la órbita y tendrá uno u otro sentido, según sea el del giro sobre sí mismo del electrón. El número (+*r*) o (-*r*) designará esta característica también cuántica del "spin", ya que la energía del electrón girando en torno de su eje polar seguirá la misma serie discreta que los números cuánticos antes definidos.

Con éstos a saber: (a), nivel del giro; (b), aplastamiento de la trayectoria; (j), orientación del plano orbital y ($\pm r$), sentido y energía de giro del electrón sobre sí mismo, quedará bien definido éste en su aspecto electromagnético.

Si tanta beligerancia damos al electrón, no es porque sea depositario de los fabulosos tesoros de energía atómica que tratamos de liberar, sino porque, en su papel magnético y sobre todo en el de sus relaciones exteriores (combinaciones químicas, radiaciones B, etc.), juega un papel predominante.

Un electrón puede ser elevado de su nivel privilegiado e incluso arrancado del átomo por excitaciones exteriores, como temperatura, radiaciones gamma, etc., pero en cuanto éstas desaparezcan, volverá a su nivel privilegiado, emitiendo radiaciones energéticas que se acusarán en las rayas o bandas del espectroscopio. Estas, como se sabe, corresponderán a distintas longitudes de onda y también están sometidas a la discontinuidad de Plank.

En definitiva, a los efectos de la bomba H, es el carácter magnético del átomo que le confiere el electrón por sus giros sobre el núcleo y sobre sí mismo, lo que interesa. El saber que el átomo constituye, con sus "magnetones" y "spines", un diminuto pero verdadero imán, que en momentos peliagudos se unirá con otros imanes por sus polos contrarios, determinando la terrible pero codiciada explosión.

El núcleo, mientras tanto, quieto y mudo señor, es el verdadero dueño de su impenetrable fortaleza, que encierra en su recinto increíbles temperaturas y velocidades muy próximas a la luz.

No seguiremos adelante. Los temas a tratar en relación con el átomo son tan sugestivos y extensos, que su simple enumeración darían a este modesto artículo proporciones desorbitadas.

Habremos, pues, de pasar por alto cuestiones de tan vivo interés como el de las radiaciones, el de las transmutaciones y materializaciones, por virtud de la

cual los fotones y paquetes de energía se resuelven en parejas de electrones y los neutrones energéticos en protones de masa algo inferior, según la fórmula: neutrón + fotón = protón + electrón + neutrino.

Vamos, por fin, a abordar el asunto bomba H, y como premisa necesaria decir algo de la simple bomba atómica, que, aunque relegada al olvido, no deja de resultar, como veremos, indispensable, pues sin ella la de hidrógeno sería pura ilusión.

Ya es sabido y difundido su principio. La escisión del uranio 235 bombardeado por neutrones ultrarrápidos. La formación al desdoblarse en átomos más ligeros de Lantano y Molibdeno y de nuevos neutrones acelerados que siguen atacando a los núcleos del uranio, provocando así la desintegración en cadena.

La suma atómica de masa resultante en los nuevos cuerpos es muy poco inferior a la inicial del uranio y esa pérdida de masa es justamente equivalente a la energía desprendida.

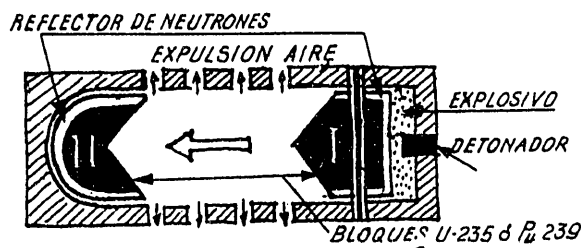


Fig. 4.ª — Bomba de uranio. Tipo I.

Para el éxito del proceso y explosión consiguiente, precisa tener el uranio una masa no inferior a la denominada "crítica", masa que viene a ser de unos 20 Kg. En la práctica, la unión brusca de dos bloques de uranio 235 o de plutonio de masa 239 de peso inferior cada uno a la masa crítica, es suficiente para provocar la desintegración. Un explosivo corriente provisto de fulminante y percutor, basta para lanzar un trozo de uranio sobre el otro y originar el proceso de la desintegración atómica (fig. 4.ª).

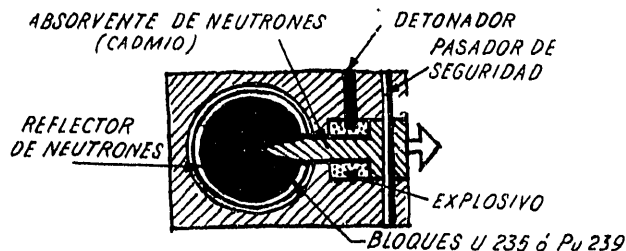


Fig. 5.ª — Bomba de uranio. Tipo II.

Otro procedimiento podría consistir en retirar un absorbente de neutrones de modo que permitiese a la

masa crítica alcanzada de antemano recuperar sus propiedades explosivas. Este segundo modelo (figura 5.^a), por sus enormes proporciones y peso, puede ser utilizado como obús de artillería a largo alcance.

Es posible que nuevos y recientes perfeccionamientos hagan variar constantemente los dispositivos de la simple bomba atómica y también de la de hidrógeno.

Ello no es obstáculo para que, a título de vulgarización, de información "basta", hayamos creído oportuna la descripción de los dos sistemas gráficamente representados.

Y vamos con la bomba H, tía Javiera de este modesto artículo y pesadilla de un gran sector del género humano.

La unión de elementos ligeros para formar núcleos más pesados libera una energía muy superior a la "fisión" por bombardeo neutrónico de elementos de gran número atómico.

En la bomba de hidrógeno es la formación de helio por el hidrógeno y sus isótopos la que desprende la energía causa de la explosión.

El helio, cuyos átomos constan de dos protones y dos neutrones, se halla pródigamente incluido en la constitución de los núcleos atómicos, en unión de los isótopos del hidrógeno. Veamos los primeros átomos de la tabla de Mendeleieff:

Núcleo de helio	(2 p + 2 n)	= 1 helio.
» litio	(3 + 4)	= 1 helio + 1 tritio.
» glucinio	(4 + 5)	= 2 helios + 1 neutrón.
» boro	(5 + 6)	= 2 helios + 1 tritio.
» carbono	(6 + 6)	= 3 helios.
» ázoe	(7 + 7)	= 3 helios + 1 denterio.
» oxígeno	(8 + 8)	= 4 helios.
» flúor	(9 + 10)	= 4 helios + 1 tritio.
» neón	(10 + 10)	= 5 helios, etc., etc.

El físico Proust, en tiempos que sobre la estructura del átomo nada se sabía, tuvo el presentimiento genial de que todos los átomos existentes debían su constitución a "apilamientos" de hidrógeno. Ya indicamos, al tratar el ciclo de Bethe, el gran proceso solar, la enorme transmutación del universo origen de la energía radiada por el sol. Este no es más que un vasto brasero atómico en que el hidrógeno se transforma lentamente en helio, constituyendo la energía liberada todo el calor solar.

Las estrellas jóvenes están casi únicamente formadas por hidrógeno y al envejecer la proporción de éste, va disminuyendo, mientras que la de helio aumenta, tendiendo a aparecer los elementos pesados. Son raros éstos en el universo, pues la observación y el análisis han probado que el 99,99 % de la materia total está representada por elementos comprendidos en el primer tercio de la tabla, los de número atómico inferior a 32.

La pérdida de masa rige las uniones del hidró-

geno. Así, cuando cuatro núcleos de hidrógeno dan lugar a uno de helio, la masa de éste no es la suma de las masas iniciales. Una pequeña parte desaparece (0,7 %), que, transformada en energía, produce los desastrosos efectos de todos conocidos, diez veces más potentes que los del uranio al escindir-se. Ahora bien, esta "fisión" del uranio requiere una masa llamada crítica. No así la "fusión" del hidrógeno, gracias a lo cual, aumentando suficientemente su peso para producir 200 Kg. de helio, se obtendría una bomba mil veces más potente que la de uranio.

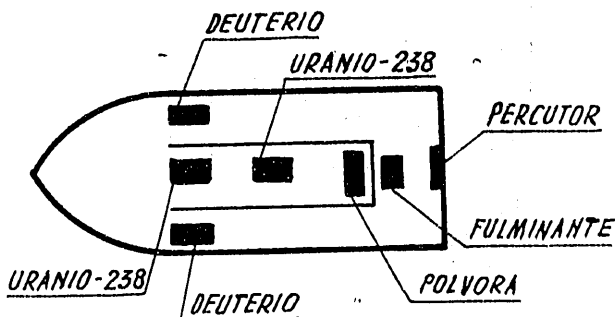


Fig. 6.^a — Esquema de una bomba H.

La reacción más energética es la del "tritio" bombardeado por protones (hidrógeno) para formar helio. Para una molécula de este gas, la energía emitida sería del orden de 500 000 KW./h.

Todas estas uniones, bien sean de "deuterio" entre sí o de "tritio" con hidrógeno simple para formar helio, requieren elevadísimas temperaturas para que las velocidades de los núcleos contrarresten las fuerzas de repulsión electrostáticas y el acoplamiento de los imanes atómicos pueda verificarse. La bomba atómica de uranio, siendo capaz de crear tales temperaturas, la idea surgió de acoplarla a elementos ligeros fusionables (hidrógeno e isótopos), naciendo así la bomba H.

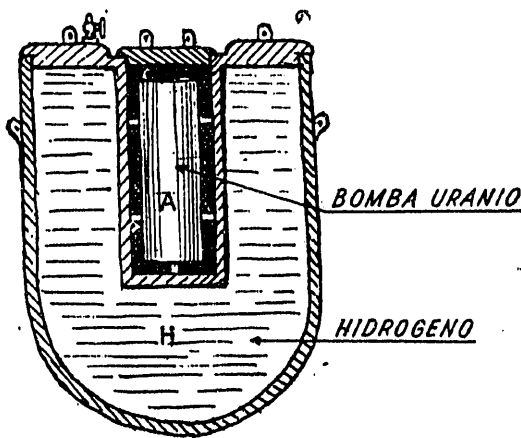


Fig. 7.^a — Bomba de hidrógeno. Tipo I.

Esquemáticamente, podría representarse según la figura 6.^a. El modelo, un tanto teórico y primitivo, sería de proporciones reducidas gracias al empleo del uranio natural 238, que, proyectando los neutrones al interior, permitiría operar con masa de uranio igual al décimo de la masa crítica.

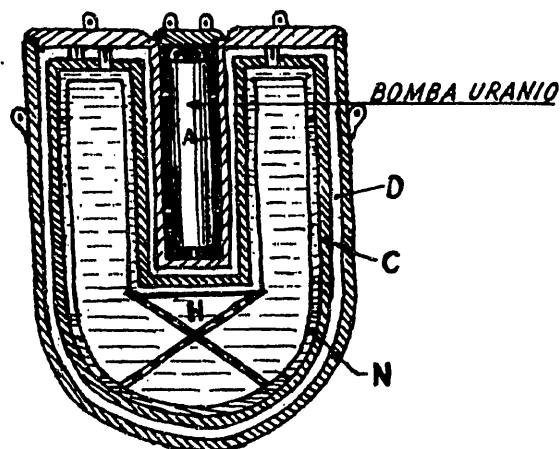


Fig. 8.^a — Bomba de hidrógeno. Tipo II.

El deuterio en ese modelo se emplearía probablemente líquido, en forma de hidruro de litio.

Exponemos a continuación otros modelos más perfectos y modernos. En el primero (fig 7.^a), la bomba A o de uranio está envuelta por un gran recipiente lleno de hidrógeno pesado o "deuterio" H_2 y de "tritio" H_3 comprimido. En la figura 8.^a, el recipiente exterior está cuidadosamente forrado por una mezcla sólida, D, una capa de nieve carbónica en la envolvente C y una capa de azoe líquido en N.

Estos diferentes productos sirven para mantener el mayor tiempo posible en estado líquido, dentro del depósito central H, al hidrógeno pesado.

En la "fisión" del uranio es posible controlar la reacción atómica por absorbentes de neutrones. En la bomba H sería también hacendera la cosa controlando las reacciones de "fusión" por inyectores de hidrógeno, siempre y cuando las condiciones técnicas favorables fueren estables. Siendo éstas tan fugaces como su causa determinante (explosión bomba A), no se vislumbra cómo el conjunto "A" + "H" puede ser utilizado con otros fines que la destrucción.

Aquí nos detenemos, pues no corresponde a la finalidad de estas líneas sacar la caja de truenos y evocar los destrozos y desastres que la bomba H originaría tirando a dar. Una extensa y prolija publicidad con intenciones diversas las ha difundido universalmente, sembrando el terror pánico o la confiada tranquilidad, según las posiciones políticas o geográficas de unos y otros.

