

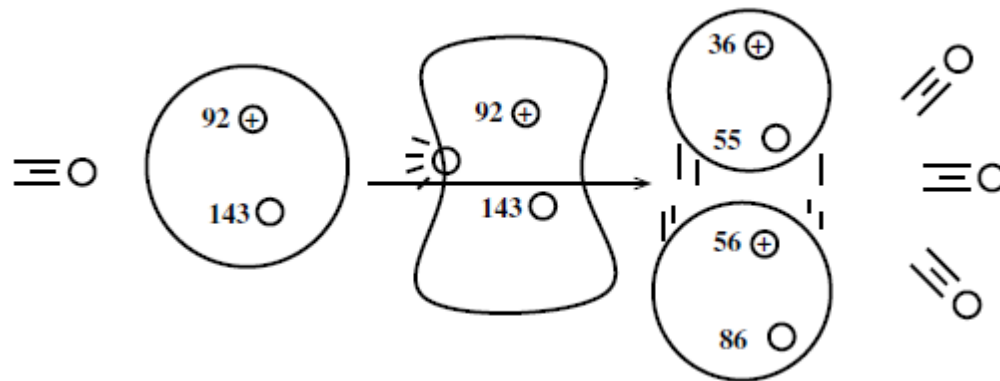
Universidad
Rey Juan Carlos

FISIÓN Y FUSIÓN

- ▼ Capítulo 10
- ▼ Manuel Arrayás Chazeta

FISIÓN

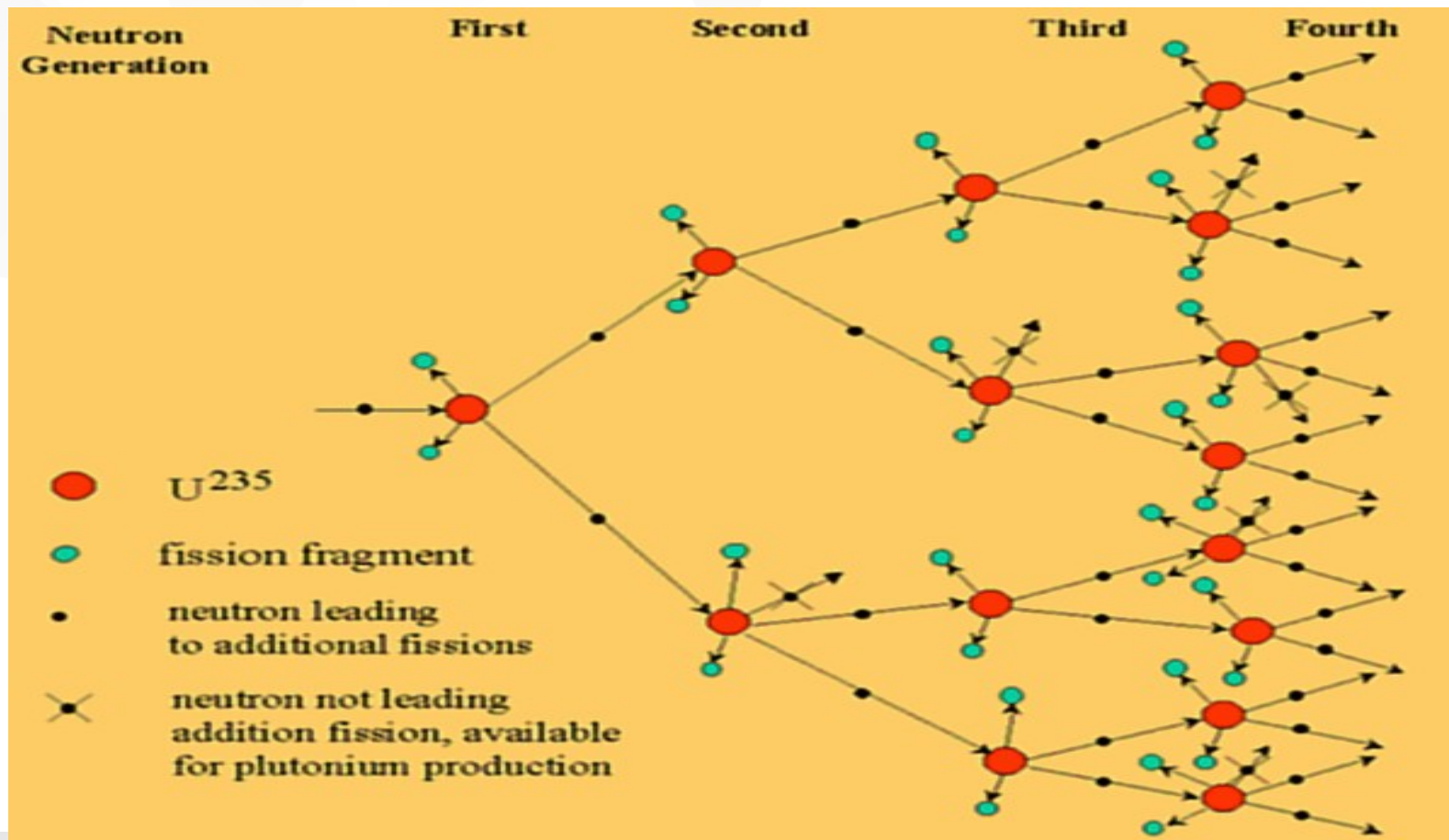
- ▶ Después del descubrimiento del neutrón por Chadwick, asistente de Rutherford, en 1932, el paso siguiente era bombardear núcleos con neutrones.
- ▶ La palabra fisión fue acuñada por Lisa Meitner, tomada prestada de la biología que describe la división celular.



REACCIONES EN CADENA

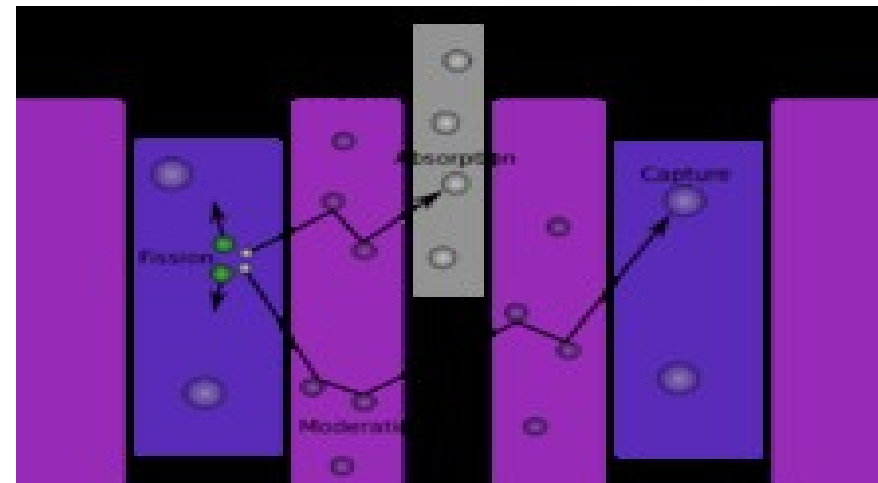
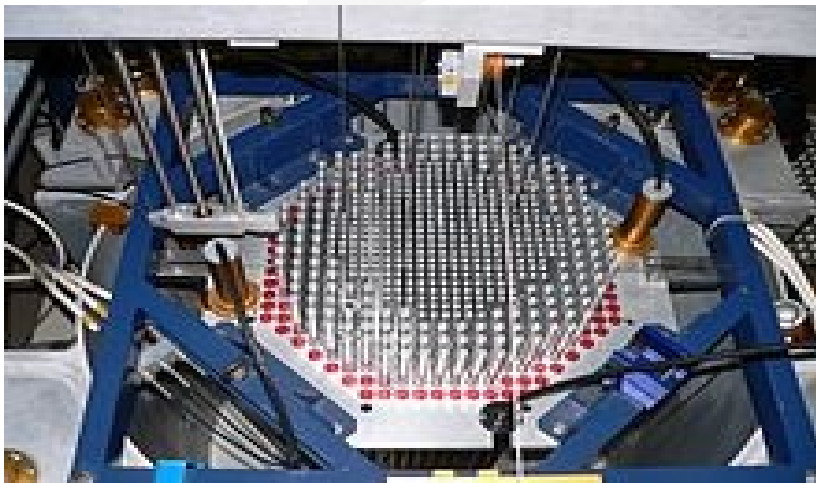
▼ ¿Cuántos granos de trigo tendría que darle el rey al inventor del ajedrez?

2 multiplicado por sí mismo 64 veces – 1



REACCIONES EN CADENA

- ▶ En la naturaleza este proceso no se produce porque el U-235 es bastante escaso y sólo forma el 0,7 % del U metálico. El U-238, absorbe neutrones pero no se fisiona.
- ▶ **Masa crítica**: la cantidad necesaria de materia para que cada proceso de fusión de lugar en promedio a otro.
- ▶ Hace falta una cantidad del tamaño de una pelota de tenis para que el U-235 produzca una reacción en cadena.



REACTORES

- ▼ Cada proceso de fisión libera una energía de 200 MeV.
- ▼ $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$, con esa cantidad se pueden evaporar
- ▼ 10^{-17} litros de agua. Pero en 10 kg hay una cantidad suficiente de átomos para evaporar 840000 millones de litros.



REACTORES

- Para obtener los isótopos fisionables:

Routes to Fissionable Materials Used by U. S.

Oak Ridge

- Gaseous Diffusion
- Electromagnetic Separation
- Thermal diffusion

U-235

Natural Uranium
(99.3% U-238,
0.7% U-235)

Hanford

- Uranium-graphite reactor

Pu-239

Production of weapons grade U-235 Oak Ridge, TN - 1944-45

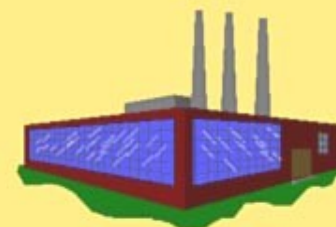


Natural uranium
U-235 (0.7 %)
 $UF_6(g)$

S-50
Thermal Diffusion

U-235 (0.86%)
 $UF_6(g)$

K-25
Gaseous Diffusion



U-235 (7%)
 $UF_4(s)$

Product
U-235 (90%)
 $UF_4(s)$

Y-12
Beta Calutrons

U-235 (15%)
 $UF_4(s)$

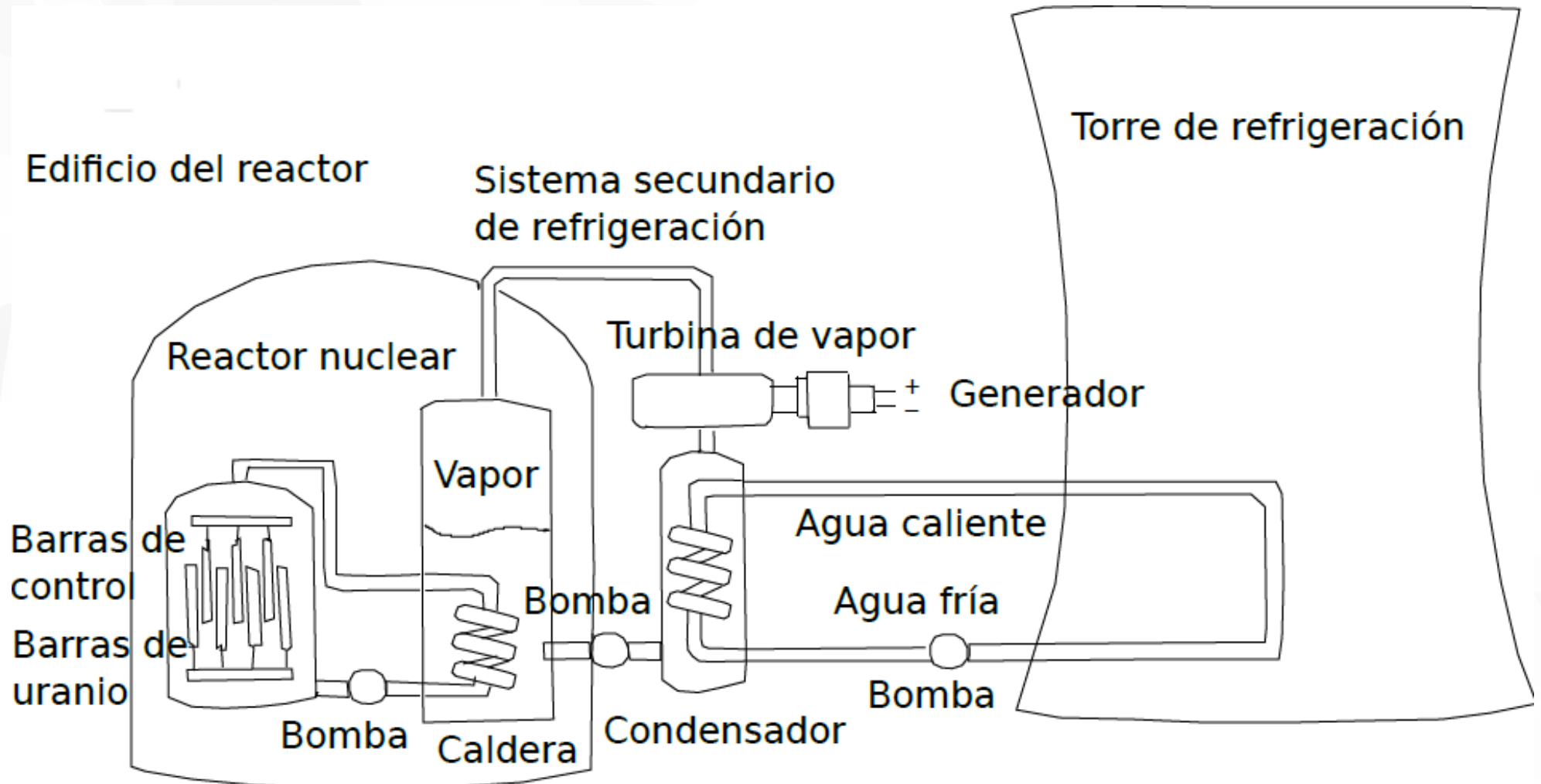
Y-12
Alpha Calutrons



REACTORES

- ▼ Cada proceso de fisión libera una energía de 200 MeV.
- ▼ $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$, con esa cantidad se pueden evaporar
- ▼ 10^{-17} litros de agua. Pero en 10 kg hay una cantidad suficiente de átomos para evaporar 840000 millones de litros.

REACTORES

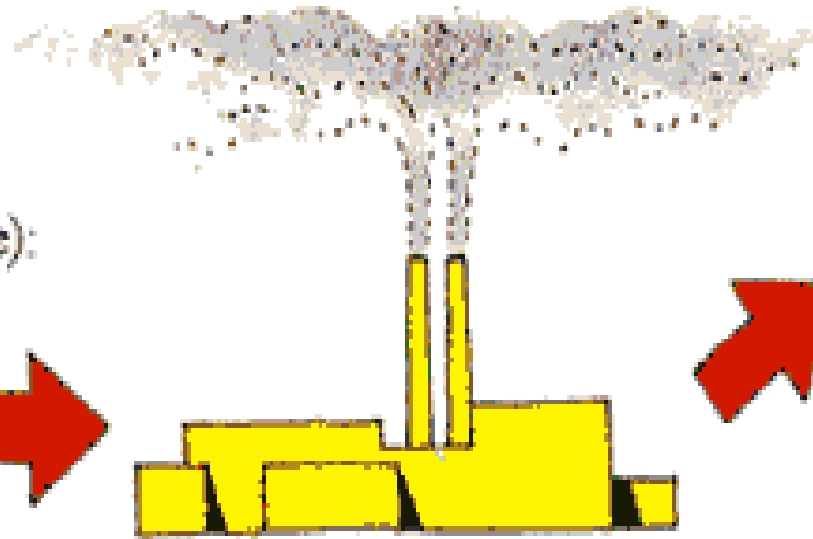
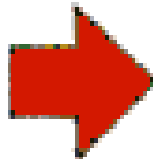
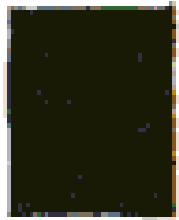


REACTORES

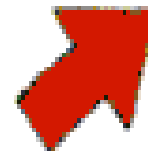
Fuel consumption and waste production:

Fuel consumption (not to scale):

About 3 million tonnes of coal per year



1,000 Mwe coal fired power station

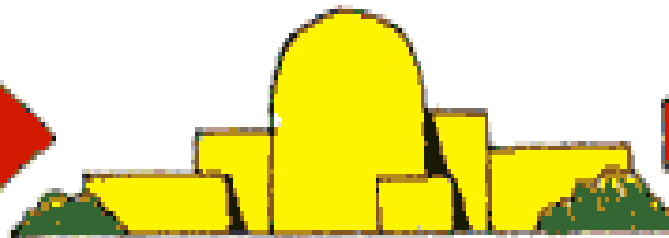
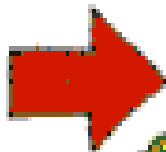


Waste products (not to scale):

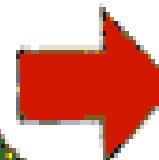


About 7 million tonnes of waste per year, mostly in the form of gases such as carbon and sulphur dioxides, much of which is released uncontrolled into the atmosphere. Also about 150-200,000 tonnes of solids including fly ash & sulphur

About 25 tonnes of uranium (UO_2) each year

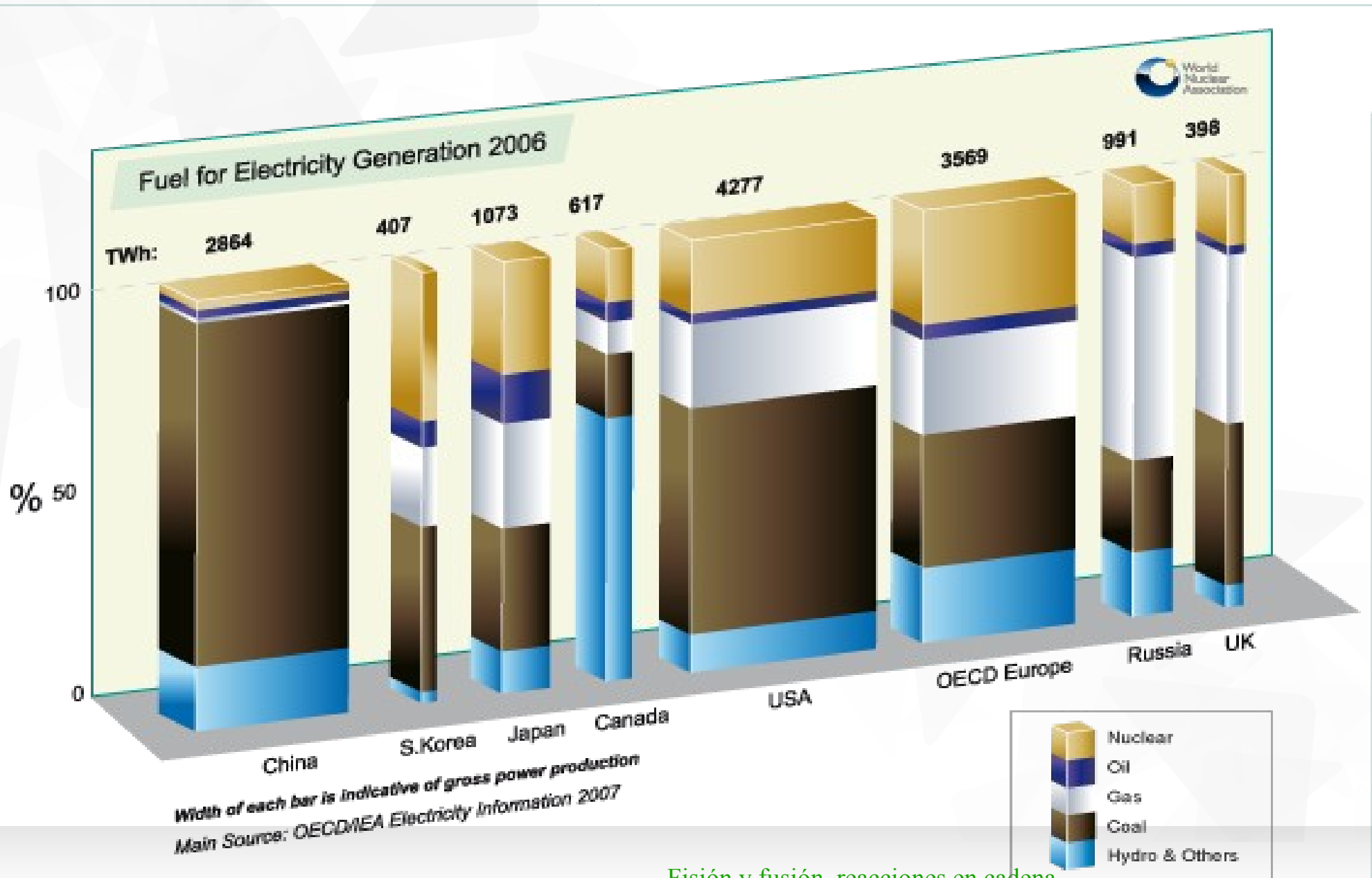


1,000 Mwe nuclear power station

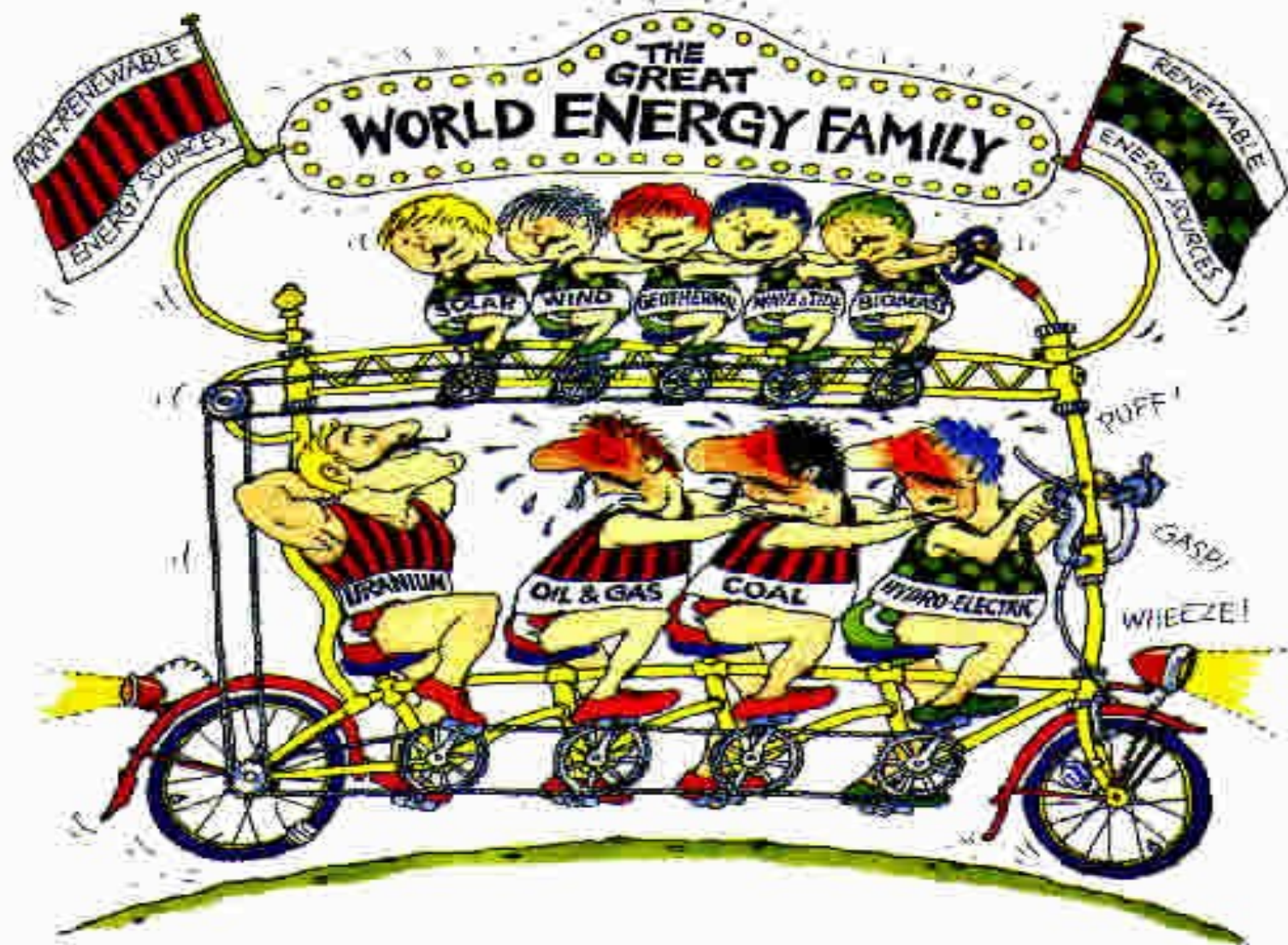


With reprocessing about 1 tonne of high level radioactive waste which can be solidified for greater safety and ultimate disposal.

REACTORES

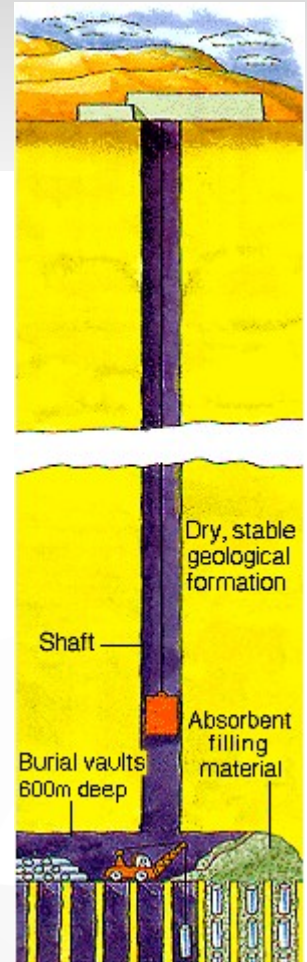


REACTORES



REACTORES

- ▼ Las barras deben de mantenerse en agua durante 5 años.
- ▼ Transcurrido ese tiempo, pasan 100 años hasta que la radiactividad decae a niveles normales.



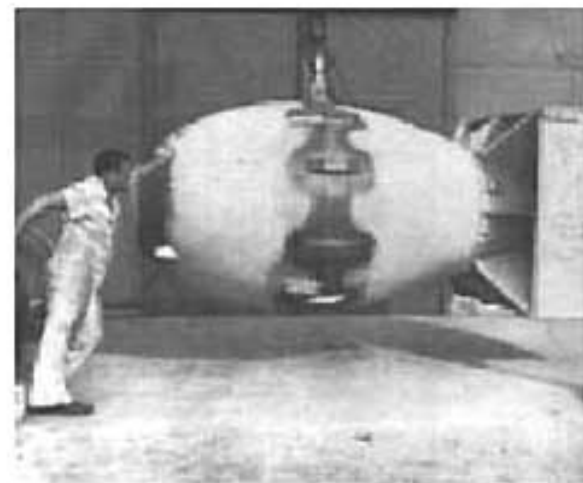
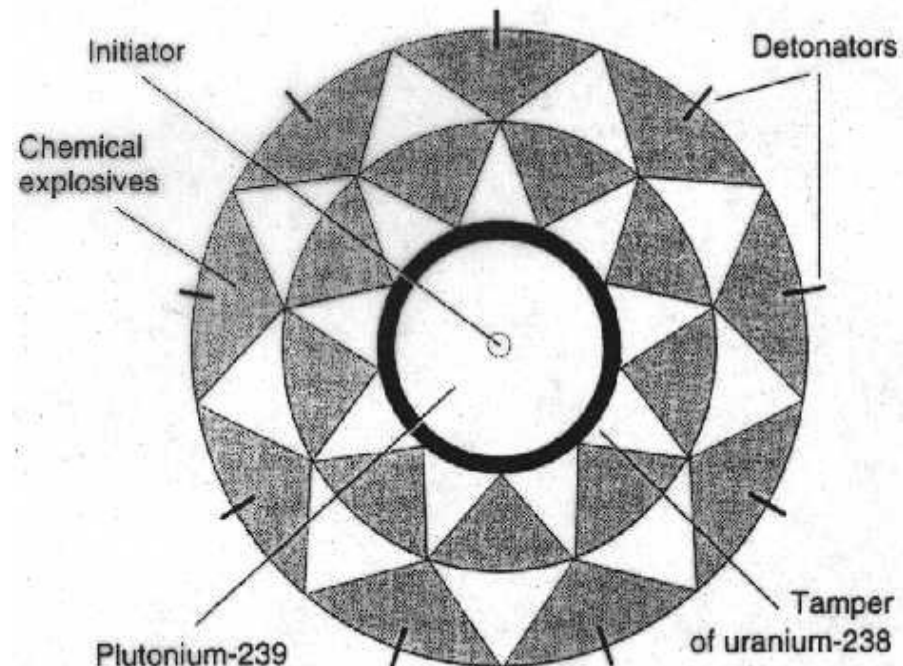
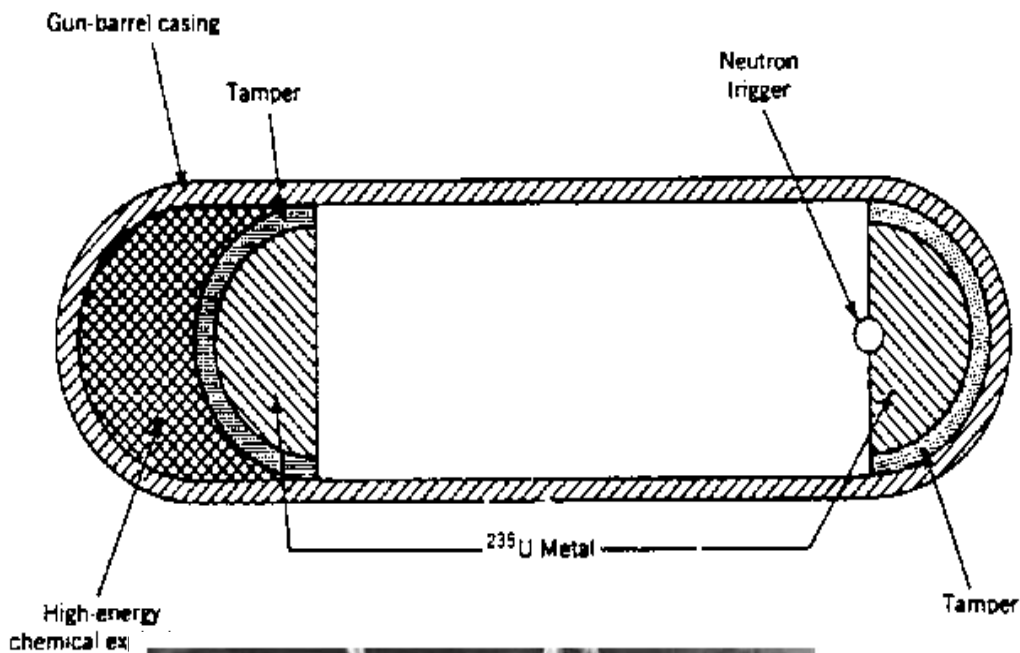
BOMBAS

Fat Man

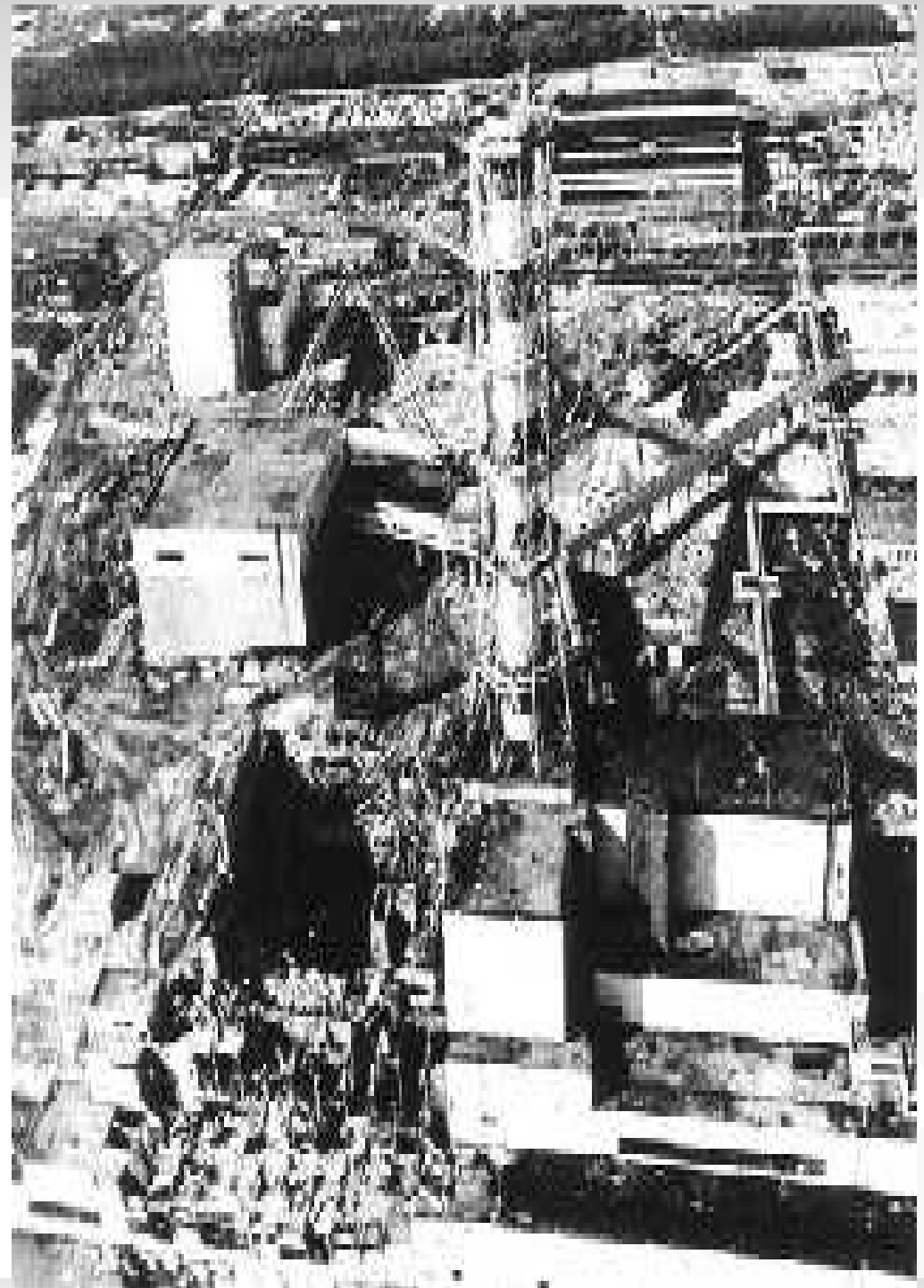
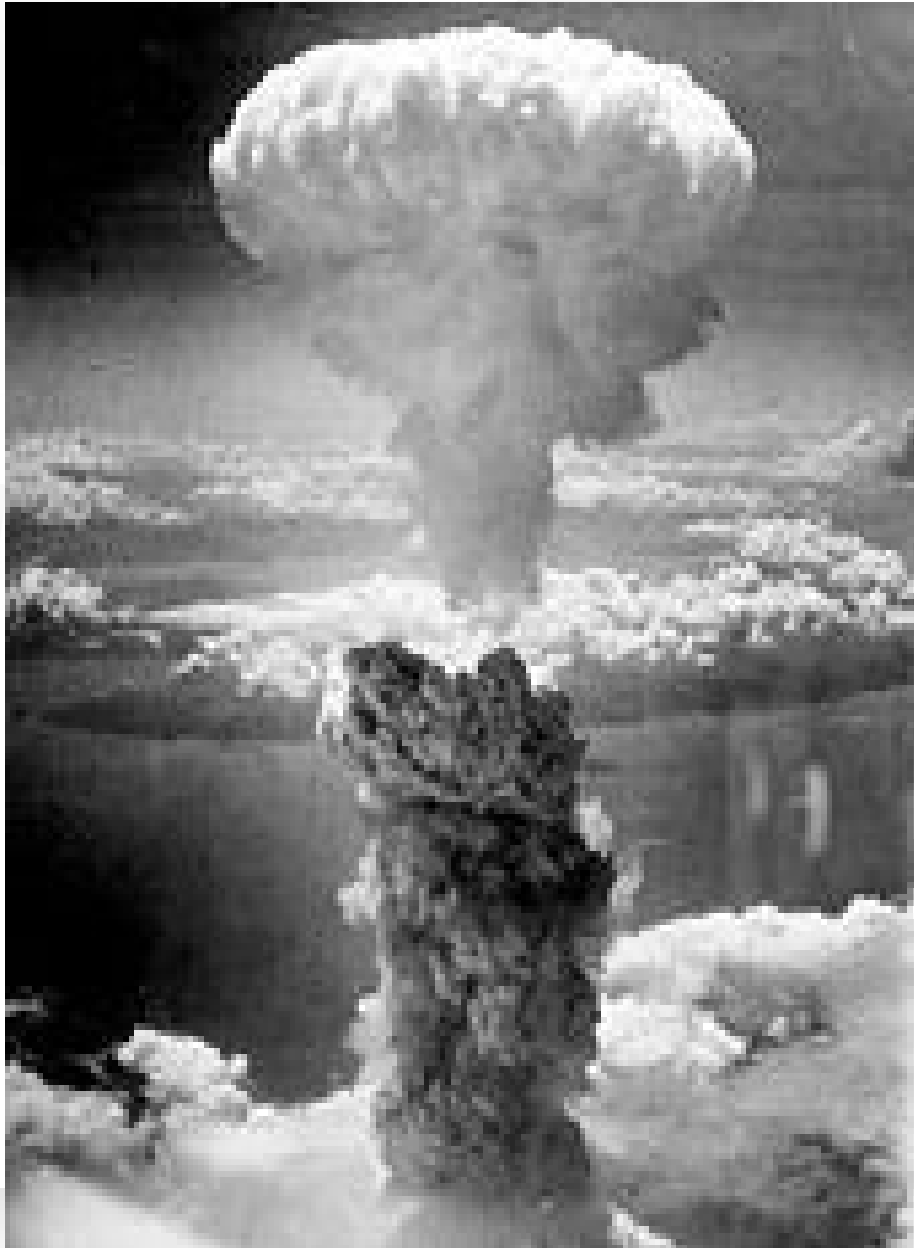
Detonada sobre Nagasaki, 9-8-1945

Little Boy

Detonada sobre Hiroshima, 6-8-1945

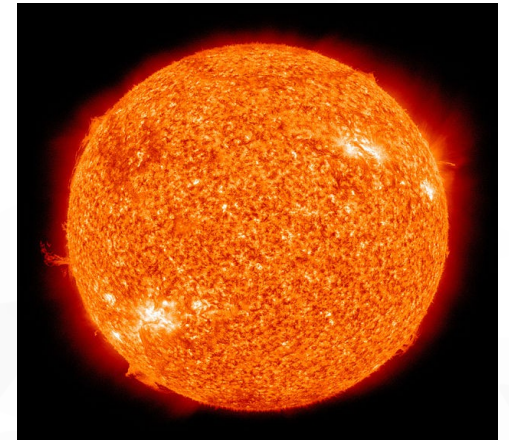
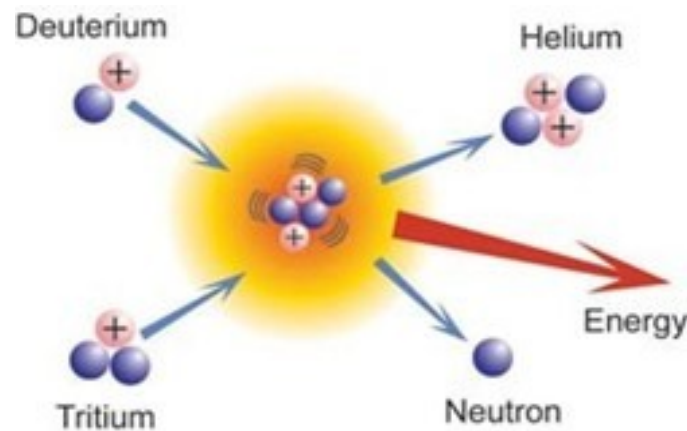
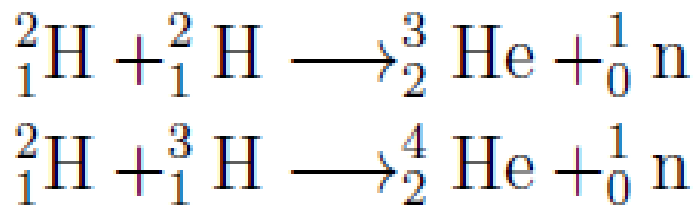


BOMBAS



FUSIÓN

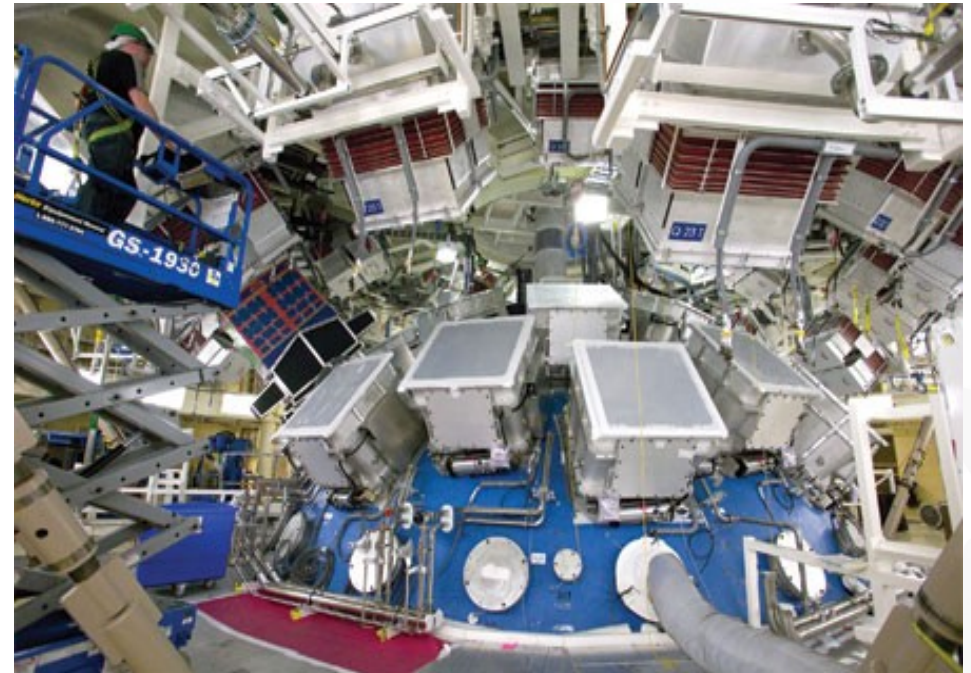
- ▶ También se libera energía cuando se combinan dos núcleos ligeros para formar otro. Esto es lo que ocurre en el Sol.
- ▶ La **fusión** nuclear es análoga a la combustión, pero en este caso de núcleos, no de átomos. A altas temperaturas se produce entre otras las siguientes reacciones:



- ▶ La primera produce 3,26 MeV, la segunda 17,6 MeV. Menos que al fisionar Uranio, pero el H es menos denso, con lo cual se libera más energía por gr.

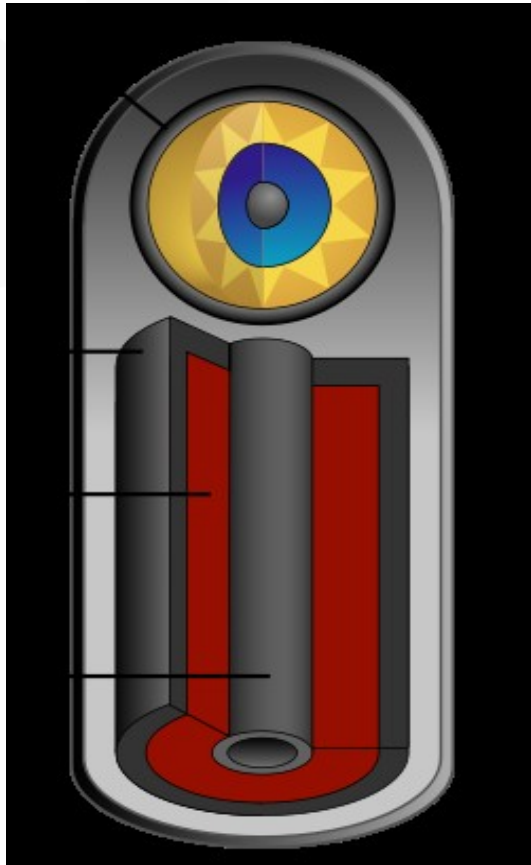
REACTORES DE FUSIÓN

- ▼ Prototipos: tokamaks, NIF.



BOMBAS TERMONUCLEARES

- Se comprobó que en el interior de una explosión nuclear se alcanzaban temperaturas de 27 millones de grados, como en el Sol.



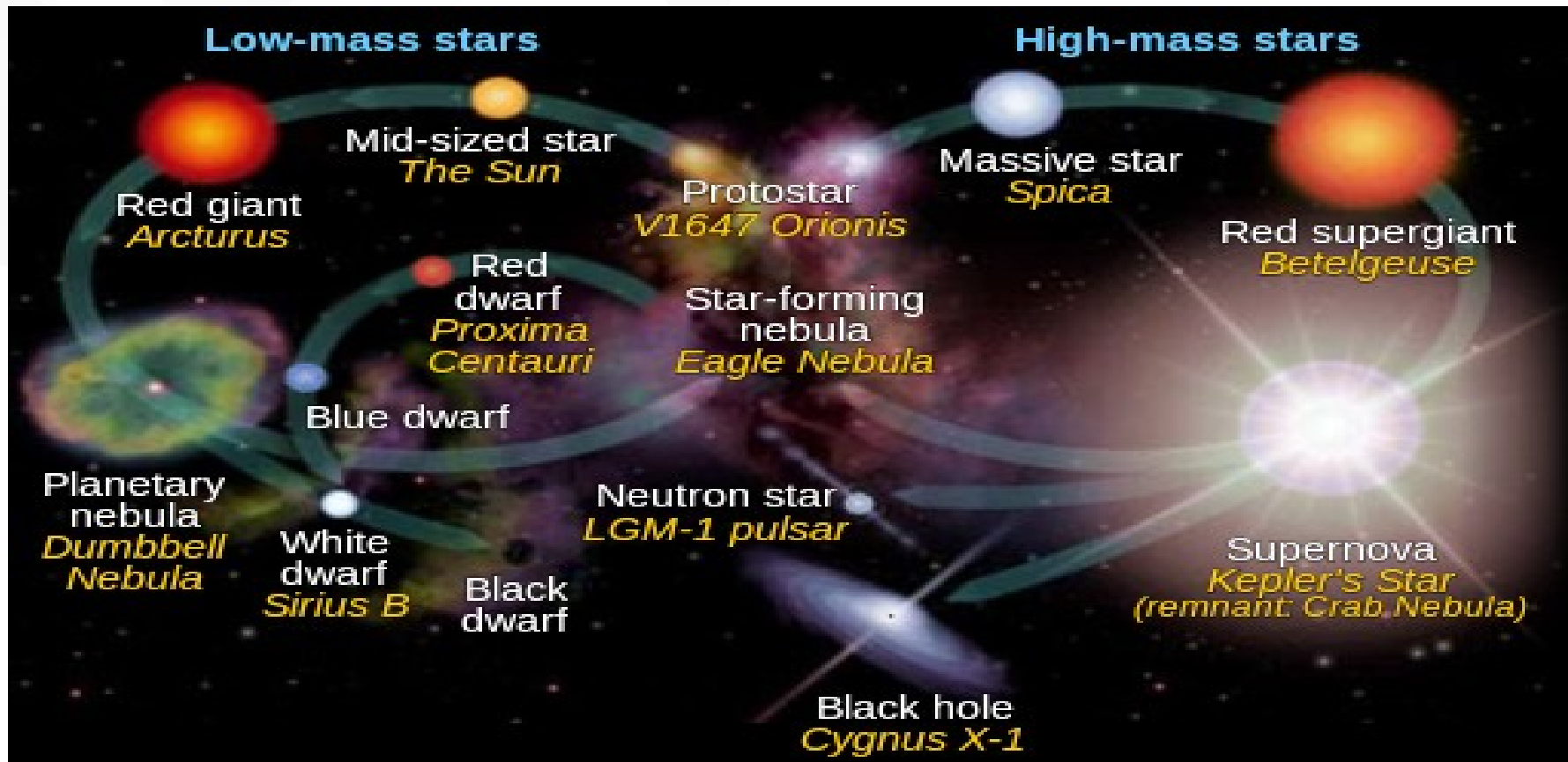
EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

- ▼ Hemos visto que algunos elementos son más abundantes que otros dependiendo de su estabilidad. Pero eso no es toda la historia.
- ▼ Seis de los elementos más estables, C, O, Ne, Mg, Si, Fe tienen núcleos que son múltiplos de He-4, lo cual sugiere que el proceso de fusión es el responsable del origen de la mayor parte.
- ▼ Inicialmente todas las estrellas están formadas de polvo estelar, H principalmente, que se agrega debido a la atracción gravitatoria.



EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

- ▶ Cuando su densidad alcanza 100 gr/cc y su temperatura 15 millones de grados, comienza la formación de He. Si su masa es mediana, se forma una estrella como el Sol.



EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

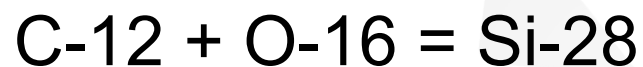
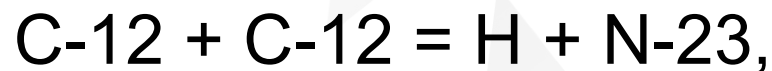
- ▼ El Sol es una estrella amarilla (debido a la luz que emite el He, principalmente amarilla). Se tarda varios miles de millones de años para que el 10% del H de haya convertido en He-4.
- ▼ El He-4 empieza a concentrarse en el núcleo de la estrella, y cuando se alcanzan temperaturas de 200 millones de grados C, se fusionan dos He-4 para producir Be-8
- ▼ La susecuente reacción de los núcleos formados con el He-4 produce:



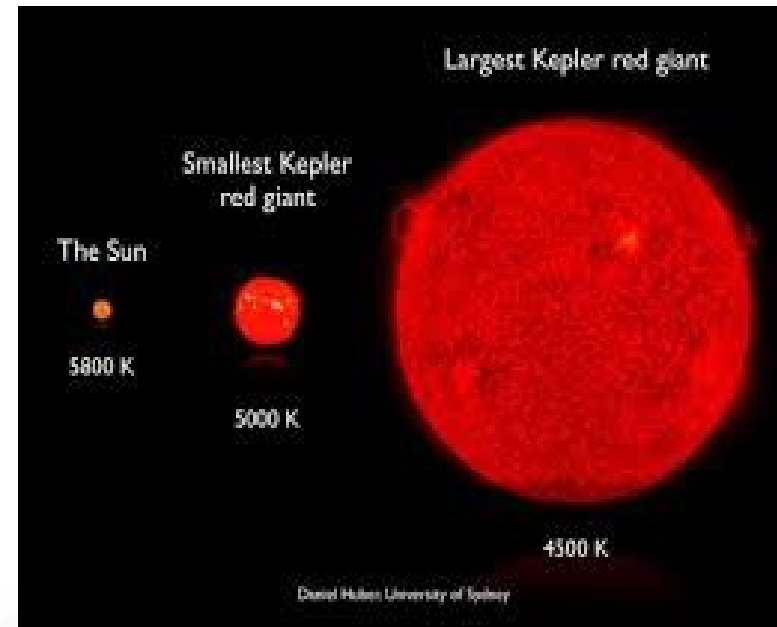
EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

▼ Cuando el Mg se forma, la energía liberada hace que la masa de H de alrededor se expanda: se forma una gigante roja, 100 veces más grande.

▼ Los núcleos más pesados continúan concentrándose en el núcleo de la estrella. Cuando la densidad es de 50 gr/cc, y la temp es de 700 millones de grados, se producen:



▼ Los núcleos de C-12 se siguen fusionando con He-4, pero al llegar al Mg, sigue la reacción



EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS

- ▼ La energía de estas reacciones hace que se forme una **supergigante**. A 3000 millones de grados, se producen en el corazón de la estrella Fe-56 y Ni-58
- ▼ Ninguno de estos procesos es capaz de producir núcleos con $Z > 28$. Los núcleos a partir del Ni se producen en explosiones llamadas **supernovas**, esparciéndose una nube y el colapso del núcleo por la gravedad puede producir una estrella de neutrones.

