

II Seminário sobre Lítio-Brasil

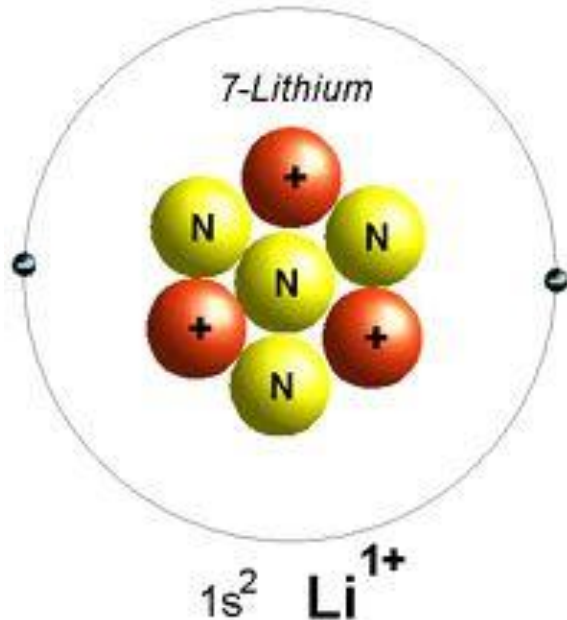


21 de julho de 2016 de 9 às 16h
Auditório CETEM

Usos do Lítio na indústria nuclear



Leonam dos Santos Guimarães
Diretor de Planejamento, Gestão e Meio Ambiente

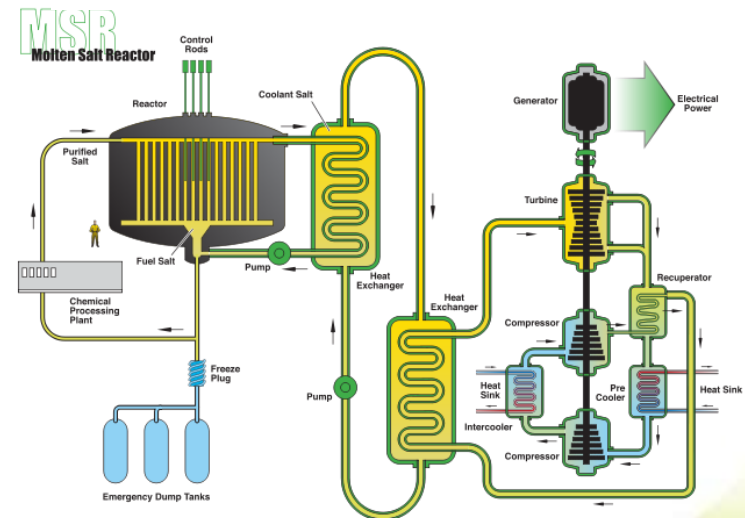
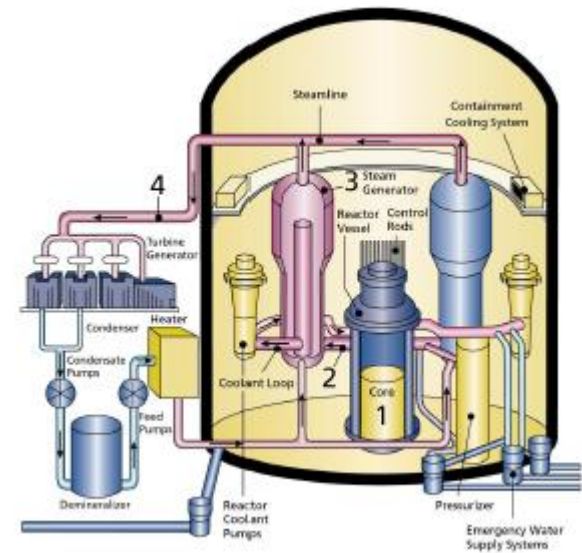


- Existem na natureza dois isótopos estáveis de Lítio:
 - **Li-7 (92,5%)**
 - **Li-6 (7,5%)**
 - massa atômica do Lítio natural é 6,94
- Ambos os isótopos naturais têm baixa energia de ligação nuclear por núcleon

- ***Li-7 como hidróxido é importante no controle da química da água de resfriamento dos reatores PWR***
- ***Li-7 como fluoreto é um componente chave do fluido de resfriamento de reatores a sal fundido MSR***
- ***Li-6 é uma fonte de trítio para uso em armas e reatores nucleares de fusão.***

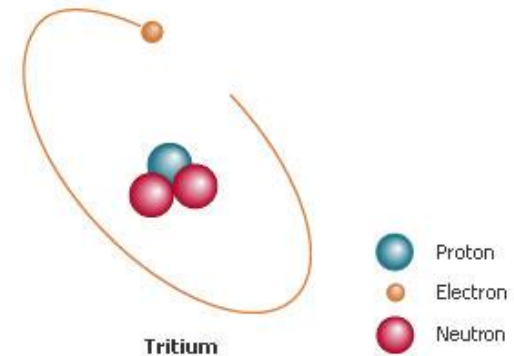
Lítio na Indústria Nuclear

- Lítio-7 tem *dois usos importantes para energia nuclear hoje e no futuro*, devido à sua relativa transparência aos nêutrons
- Como **hidróxido**, em pequenas quantidades, é usado para a operação segura dos sistemas de resfriamento de reatores **PWR** como um estabilizador de pH, para reduzir a corrosão no circuito primário.
- Como o **fluoreto**, com a entrada em operação no futuro de reatores **MSR**, hoje em desenvolvimento, é esperada uma demanda muito maior



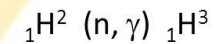
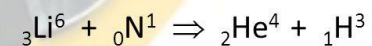
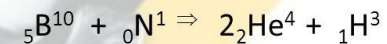
Lítio de uso nuclear

- No entanto, para ambos os fins, deve se ter Li-7 puro, pois sob o fluxo de nêutrons no núcleo do reator, o Li-6 se converte em Trítio radioativo por captura de nêutrons
 - Trítio é facilmente absorvido pelo corpo humano sob a forma de água
 - para evitar riscos à saúde, é necessário utilizar apenas enriquecido no isótopo mais comum (**99.95% de Li-7**).



Sources of Radioactive Activity

• Tritium Sources

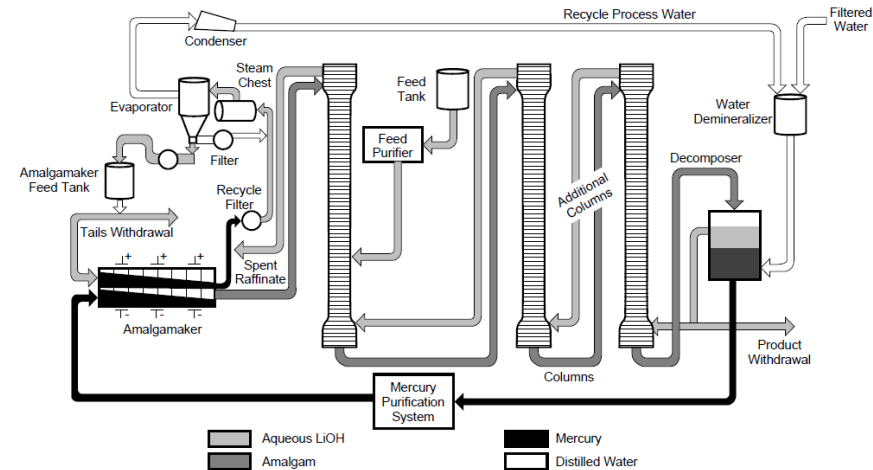


Li-6 is minimized by using Li-7 to control the pH. (99.9 for chemical addition or 99.7% for the resin.

Enriquecimento de Lítio

- Hoje o Lítio-7 é enriquecido utilizando-se processo de coluna troca iônica (**COLEX**), que se baseia no fato de que o lítio-6 tem uma maior afinidade com o mercúrio
 - o Lítio é primeiro dissolvido em mercúrio e a solução é então feita reagir com água.
 - a solução aquosa de hidróxido de lítio que se forma no topo da coluna é principalmente de Lítio-7, ao passo que o amálgama rico em mercúrio na parte inferior contém principalmente lítio-6.
 - o Lítio-6 pode então ser removido do amálgama e o mercúrio reutilizado.

Figure B-7. COLEX Process for Lithium Isotope Separation



Lítio Nuclearmente Puro

- O hidróxido de lítio a 99,95% de Li-7 é usado como aditivo na água de resfriamento do primário dos PWR, em cerca de 2,2 ppm
 - para manter a química da água, neutralizar os efeitos corrosivos do ácido bórico (utilizado como absorvedor de nêutrons) e minimizando a corrosão em geradores de vapor de PWR.
- É também um componente de base para a fabricação de membranas de troca iônica utilizadas no tratamento da água de resfriamento de PWR.
- Uma usina nuclear PWR consome tipicamente menos de 10 kg de hidróxido de lítio nuclear por ano (6 – 7 kg).

Lítio Nuclearmente Puro

Lithium-7 (${}^7\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$)

Print PDF

Lithium-7 as Hydroxide Monohydrate (${}^7\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$)



Request a Quote

REFERENCE SPECIFICATIONS

Atom fraction of Lithium-7 in the total sum of lithium isotopes (%)	>99.9
Mass fraction of lithium hydroxide (%)	52 min; 58 max
Water fraction of total mass (%)	42 min; 48 max
Impurity Limits (Element and Max PPM)	
Lead	≤10
Zinc	≤5
Mercury	≤0.5
Chloride	≤500
Sulfates	≤250
Sodium	≤30
Fluoride	≤100
Iron	≤10

Visual Appearance

Loose powder of white-to-pale-yellow color

Packing of one or more lots per shipment is permitted.

Actual specifications are subject to quotation.
Please [contact us](#) if you require different specifications.

Lithium-7 as Hydroxide Monohydrate (${}^7\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$) is mainly used in the nuclear power industry as an alkalinizing additive to the coolant of the primary circuit of PWR-reactors to adjust water-chemistry pH. It is also used as the main component in ion-exchange membranes in water treatment applications.

ISOFLEX is a primary supplier of ${}^7\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$.

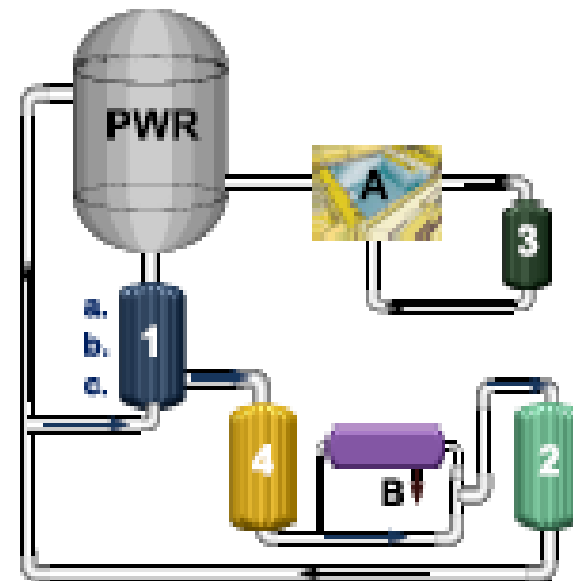
If you would like to receive further information regarding Lithium-7,
please [click here](#) and provide detailed requirements.



Pressurized Water Reactor Primary System ION EXCHANGE TREATMENT CIRCUITS

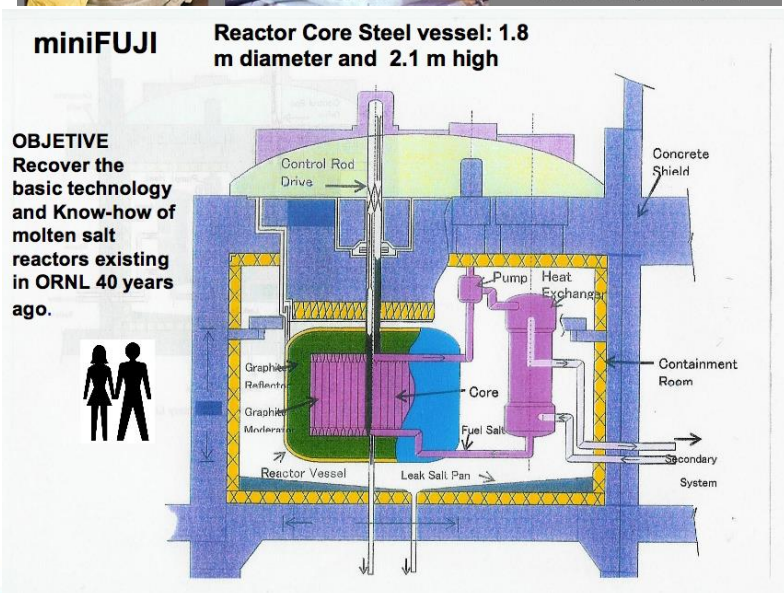
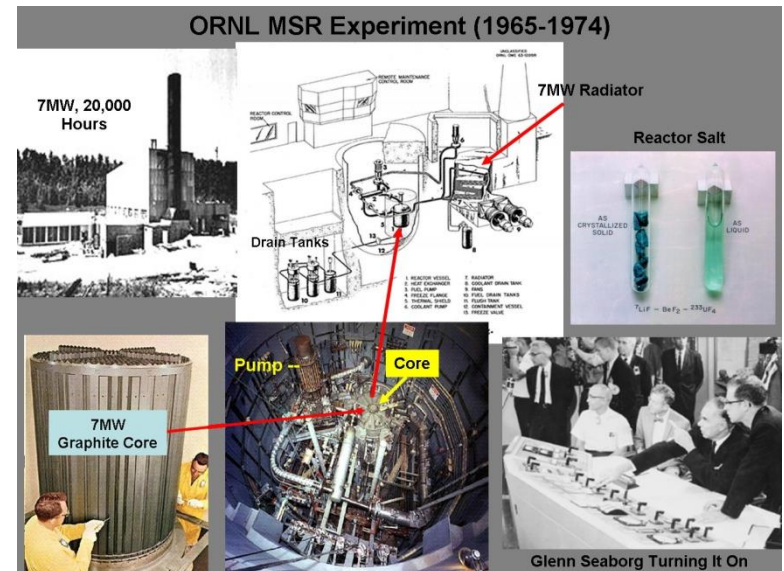
1. Reactor Coolant Purification
 - a. Outage Cleanup Beds
 - b. pH control
 - c. Outage Activity
2. Deboration
3. Spent Fuel Pool treatment
4. Radwaste effluent treatment

- A. Spent fuel pool pond
- B. Disposal



Lítio em Reatores Avançados

- Li-7 é usado como fluoreto de lítio (LiF) e fluoretos de lítio-berílio (FLiBe) que constituem o fluido de resfriamento nos MSR, que hoje estão no foco de intenso desenvolvimento.
- FLiBe tem cerca de 14% de lítio, por isso são necessários níveis ainda mais altos de pureza - 99,995% em Li-7.
- Na maioria dos projetos em desenvolvimento, o combustível nuclear está dissolvido no fluido de resfriamento LiF ou FLiBe.



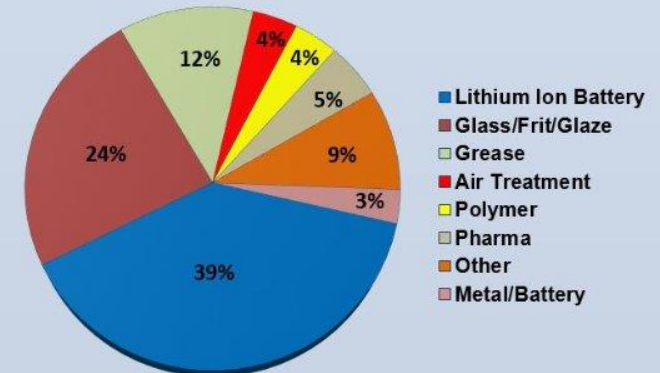
Demanda de Lítio Nuclear

- A demanda mundial de Li-7 para reatores PWR é de cerca de 1 ton por ano, incluindo cerca de 400 kg por ano para os 65 PWR dos EUA
 - a Rússia utiliza um processo de controle de pH diferente
- Para cada GWe de MSR construídos, várias toneladas de puro Li-7 serão requeridas para
 - 20 t/50m³ de LiFcom 5 t Li-7
 - 150-400 toneladas FLiBe com 21-56 toneladas Li-7
- A demanda por Li-7 poderia facilmente chegar a 250 t por ano com a construção de MSR planejadas

Lithium Market – Demand* by End-Use 2015

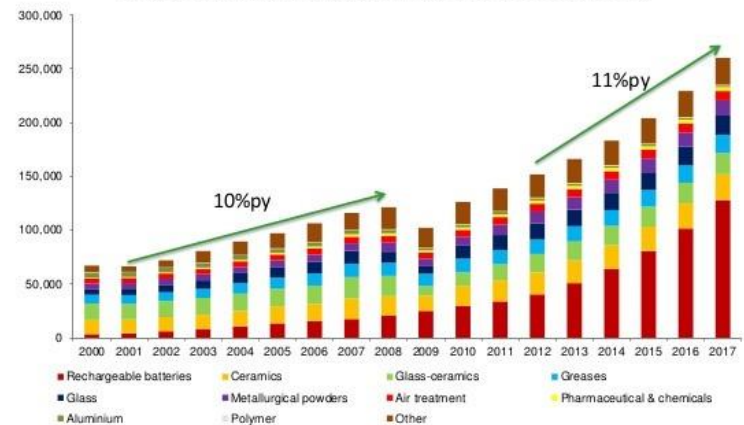
Total demand in 2015: ~163K metric tons

©Global Lithium LLC 2016



Consumption growth may exceed 11%/py, even in the base-case scenario, as demand from 3C, EV and off-grid battery markets increase

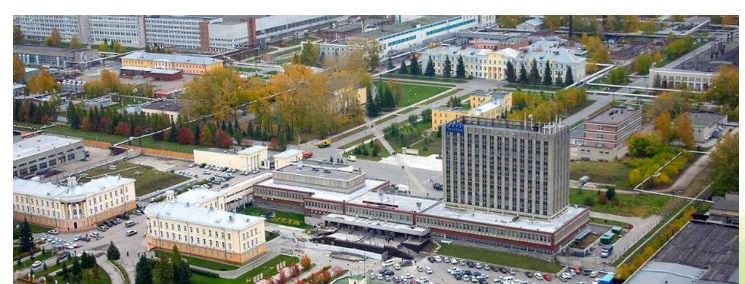
World: Consumption of lithium by end-use, 2000-2017 (t LCE)



Source: Lithium: Market Outlook to 2017, Roskill Information Services Ltd.

Produção de Lítio Nuclear

- A produção de lítio-7 cessou nos EUA em 1963, em parte por causa de preocupações ambientais com mercúrio usado em seu enriquecimento.
- Hoje as únicas fontes de Li-7 enriquecido a partir de lítio natural são a Rússia e a China.
 - A produção de lítio-7 é um subproduto do **enriquecimento de lítio-6 para produzir trítio para armas termonucleares**
- *Novosibirsk Chemical Concentrates Plant (NCCP)*, na Sibéria, é o maior fornecedor de mono-hidrato de hidróxido de Li-7 com pureza de até 99,95%, respondendo por 80% das necessidades do mundo.



Usos Nucleares do Lítio-6

- O lítio é o único elemento leve estável capaz de produzir energia líquida através da fissão
 - A fissão de lítio em hélio induzida por prótons foi a primeira reação de fissão artificial feita em 1932 por Cockcroft e Walton



- A reação mais significativa hoje é:

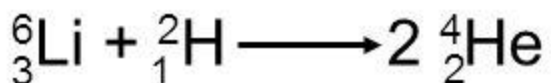
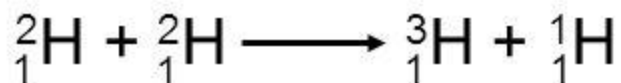


- O Lítio-6 é empregado em reações de fusão nuclear como gerador de trítio:



Nuclear Fusion

Fusion Reaction

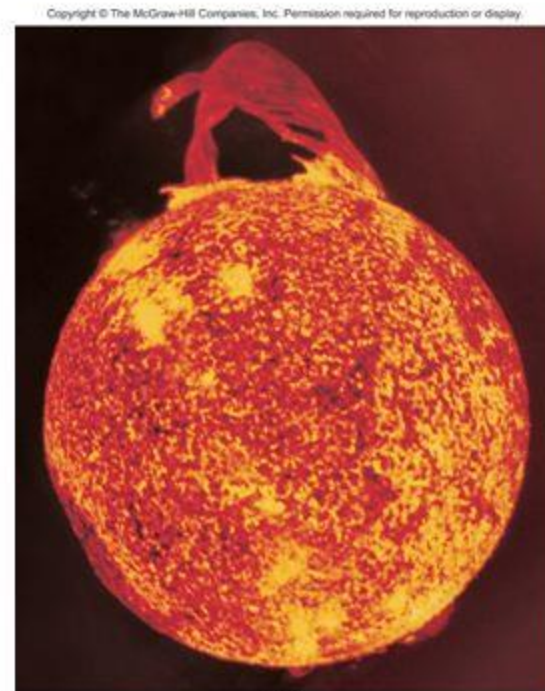


Energy Released

$$4.9 \times 10^{-13} \text{ J}$$

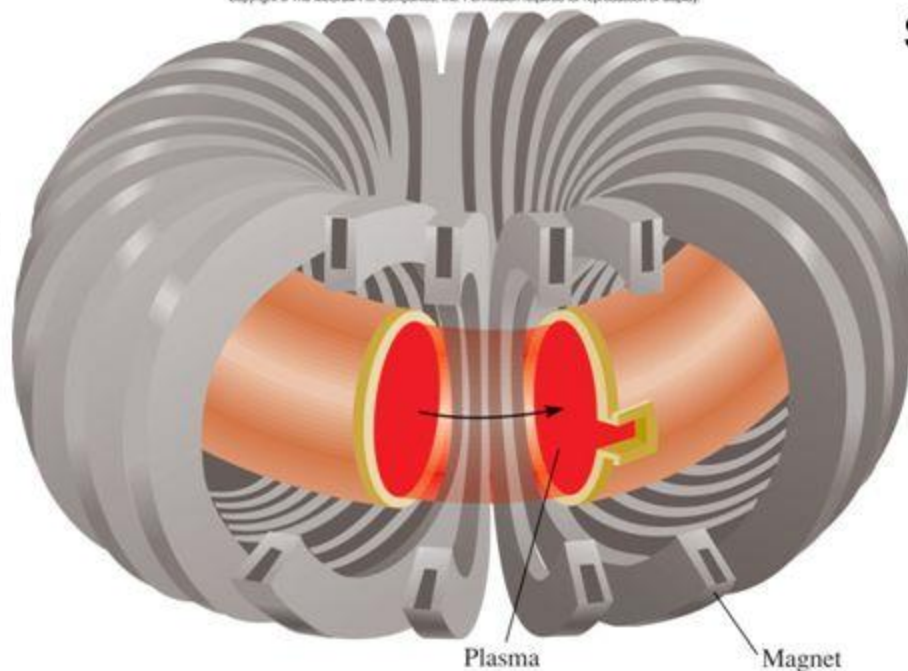
$$2.8 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$3.6 \times 10^{-12} \text{ J}$$



solar fusion

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



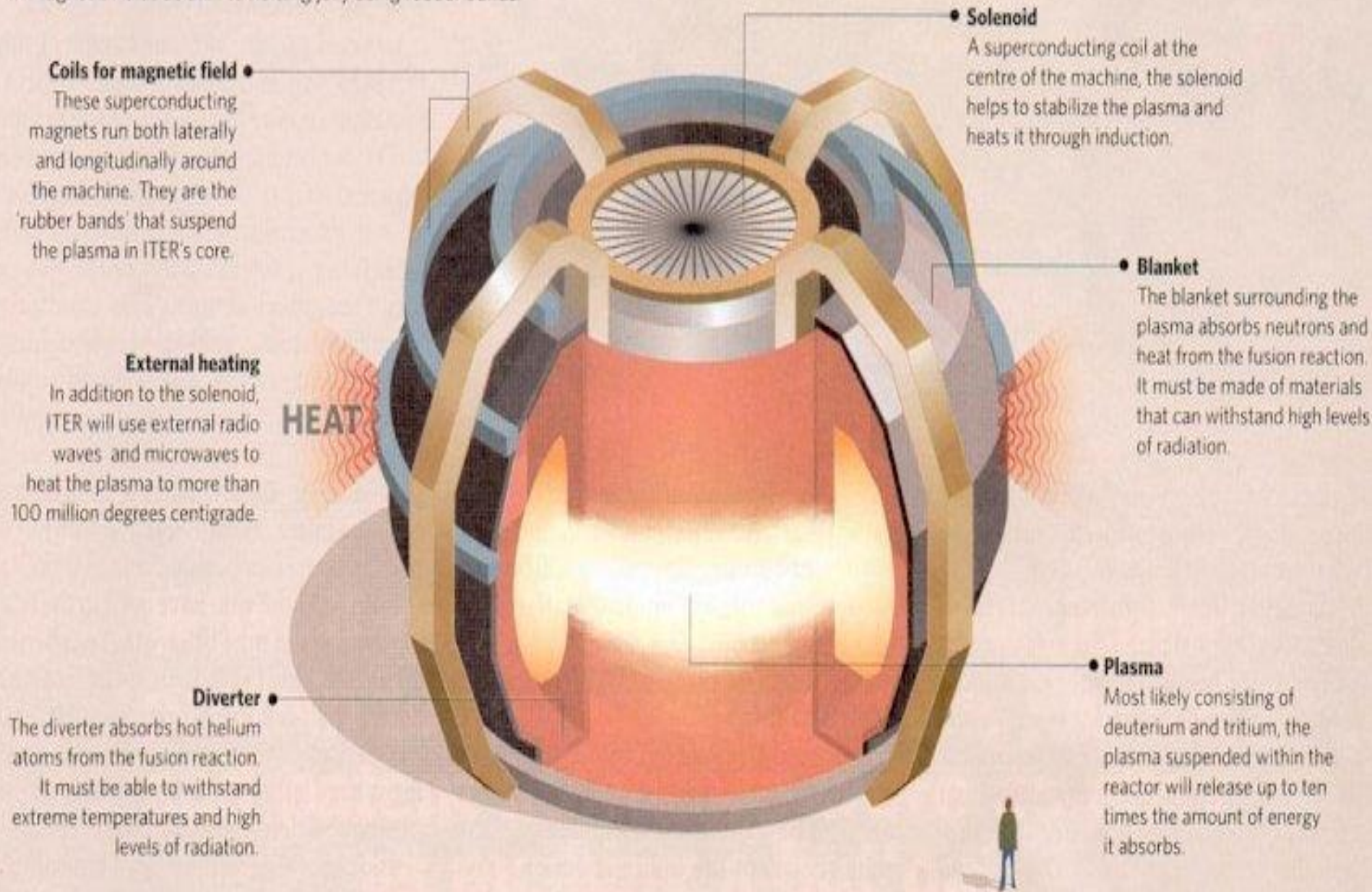
Plasma

Magnet

Tokamak magnetic
plasma
confinement

ITER'S TOKAMAK — TOO HOT TO HANDLE

Fusion scientists often describe the job of containing a hot plasma in magnetic fields as akin to holding jelly using rubber bands.



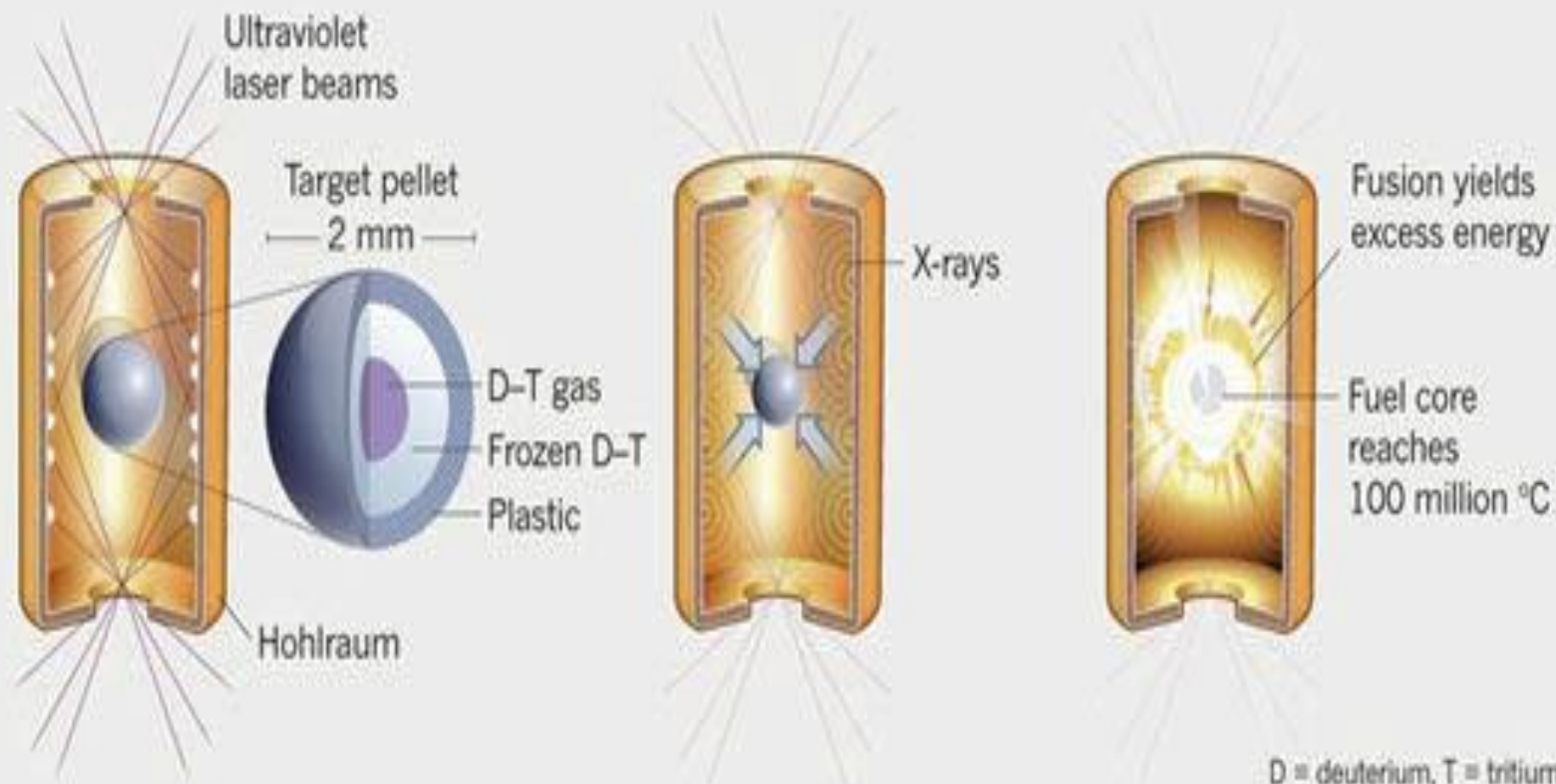
THE NIF'S FUSION STRATEGY

As the NIF's laser beams hit the gold hohlraum capsule (1), they generate X-rays that blast the outer layer of the pellet (2), compressing the hydrogen isotopes until they fuse (3).

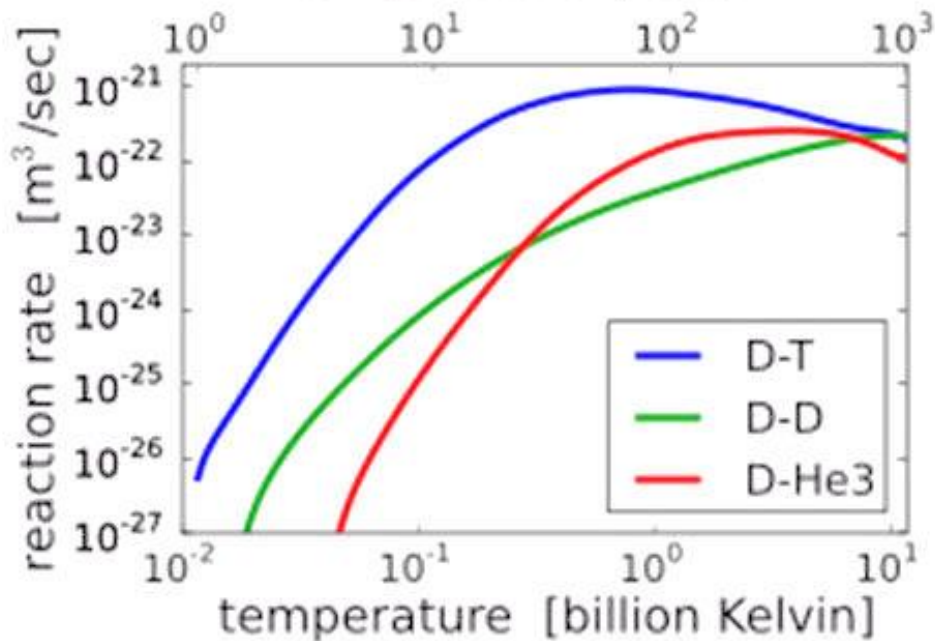
1 LASER BEAMS HEAT HOHLRAUM

2 X-RAYS BLAST PELLET

3 IGNITION!



temperature [keV]



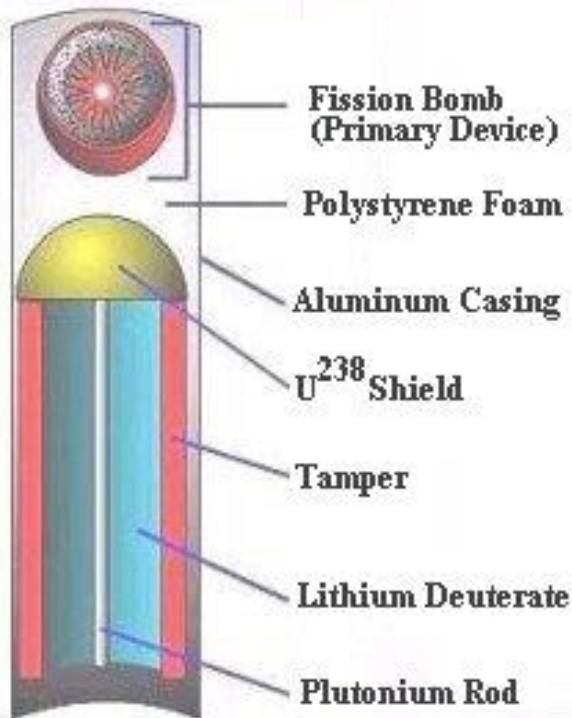
1. $D + T \rightarrow He-4 + n + 17.588 \text{ MeV}$
2. $D + D \rightarrow He-3 + n + 3.2689 \text{ MeV}$
3. $D + D \rightarrow T + p + 4.0327 \text{ MeV}$
4. $He-3 + D \rightarrow He-4 + p + 18.353 \text{ MeV}$
5. $Li-6 + n \rightarrow T + He-4 + 4.7829 \text{ MeV}$
6. $Li-7 + n \rightarrow T + He-4 + n - 2.4670 \text{ MeV}$

Fusion Reactions for Thermo-nuclear Weapons



Teller - Ulam Fusion Bomb

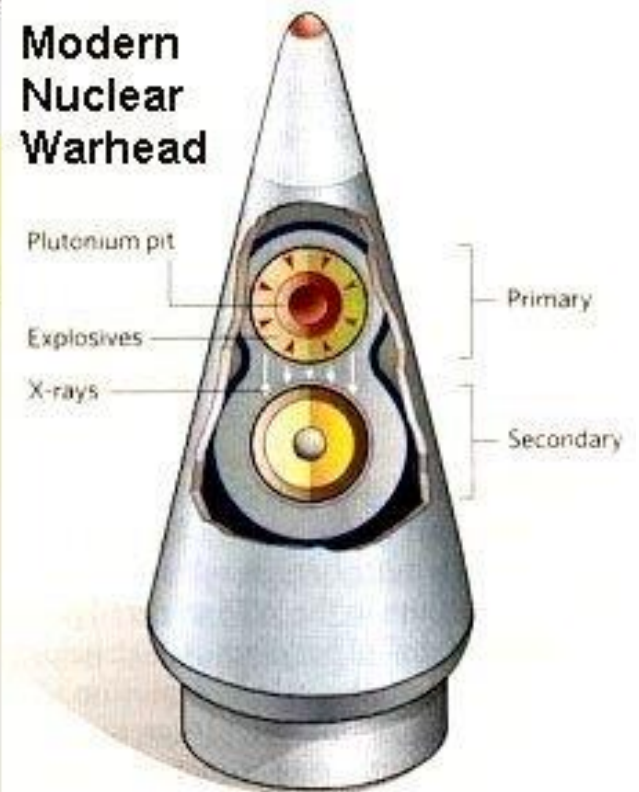
Length: 225 inches
Diameter: 61 inches
Weight: 39,600 lbs
Yield: 13.5 megatons



Ballistic Missile



Modern Nuclear Warhead



Modern nuclear warheads consist of two stages: the 'primary' and 'secondary'. For the bomb to work, explosives in the outer shell of the primary must detonate, squeezing a hollow sphere of nuclear material, usually plutonium-239, and triggering a runaway fission reaction. X-rays from the primary then cause atoms in the secondary's fuel to fuse and release still more energy.

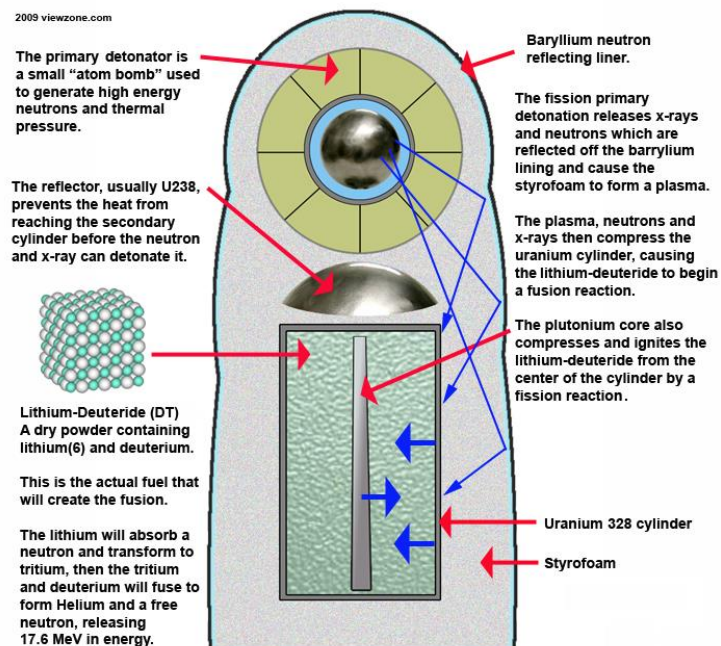
Cutaway of thermonuclear warhead

primary fission trigger



© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.

2009 viewzone.com



Once the above reaction is initiated with a neutron, the result yields helium, energy and another free neutron to keep the reaction going.

A principal fonte de trítio dos EUA desde 2003 foram hastes de absorção especiais contendo lítio-6 inseridas no núcleo do reator PWR de Watts Bar 1, da TVA.

Suprimentos precisam ser repostos devido à meia-vida de 12 anos do trítio, decaindo cerca de 5% ao ano

Conclusão

- *Li-7 como hidróxido é importante no controle da química da água de resfriamento dos reatores PWR*
- *Li-7 como fluoreto é um componente chave do fluido de resfriamento de reatores a sal fundido MSR*
- *Li-6 é uma fonte de trítio para uso em armas e reatores nucleares de fusão*

- *O suprimento de Li-7 para a indústria nuclear é concentrado em poucos fornecedores, sendo subproduto da produção de Li-6 para uso militar*
- *Encontram-se em desenvolvimento novos processos de separação de Li-7 com menor impacto ambiental que substituam o COLEX e permitam novos fornecedores para a indústria nuclear*

II Seminário sobre Lítio-Brasil



21 de julho de 2016 de 9 às 16h
Auditório CETEM

Usos do Lítio na indústria nuclear

**MUITO OBRIGADO
PELA ATENÇÃO!**

Leonam dos Santos Guimarães
Diretor de Planejamento, Gestão e Meio Ambiente