

Fuentes de energía en el futuro lejano

Bruno Gunther

Introducción

- Principio conocidos para transformar materia en energía
- Disponibilidad de fuentes de energía
- Fuentes de energía en el Universo
- Centrales de generación del futuro lejano.

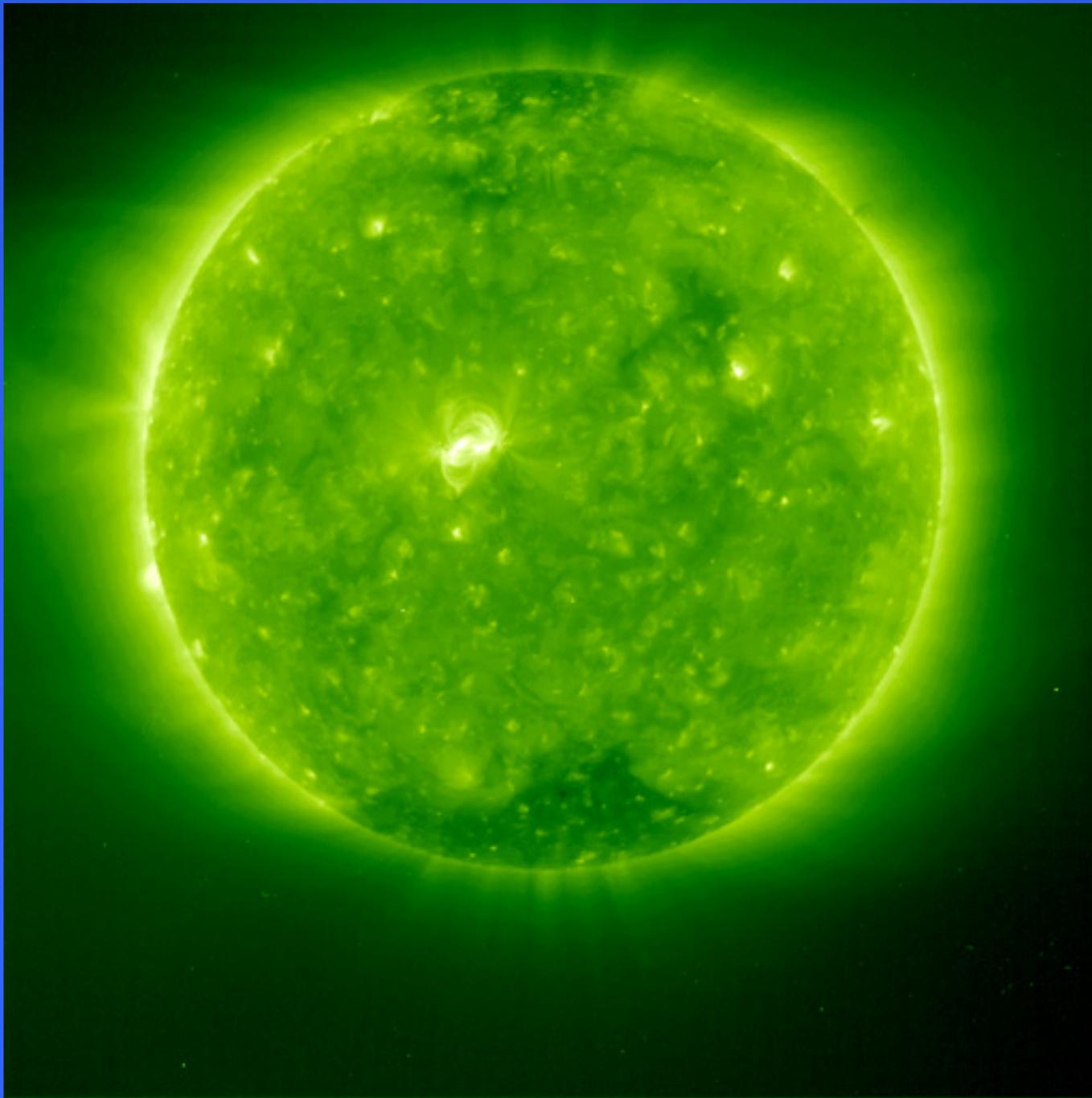
Transformación de la materia en energía

- **La mayor parte de la energía que disponemos proviene de la transformación de masa en energía , según la conocida fórmula $E=mc^2$**
- **La fisión o la fusión nuclear transforman un ínfimo porcentaje de la masa involucrada en energía.**

Rendimientos de las transformaciones mas usuales

- **Fisión del uranio y plutonio $\eta = 0,1\%$**
- **Fusión nuclear..... $\eta = 0,7\%$**
- **Desintegración espontánea $\eta = 0,0018\%$**





Fusión nuclear natural: el sol

- **Transformación directa: Hornos, colectores y fotoceldas.**
- **Transformación indirecta:**
 1. **Energía eólica e hidráulica**
 2. **Fotosíntesis reciente: madera, biomasa, biodiesel, bioetanol.**
 3. **Fotosíntesis antigua: Petróleo, carbón mineral, gas natural, hidratos de metano**

Fusión nuclear artificial

- **Deuterio + Tritio = Helio a 100 -150 millones de grados.**
- **Bomba de hidrógeno**
- **Proyecto ITER**
- **Deuterio del agua**
- **Tritio se obtiene del litio en el revestimiento del mismo reactor.**

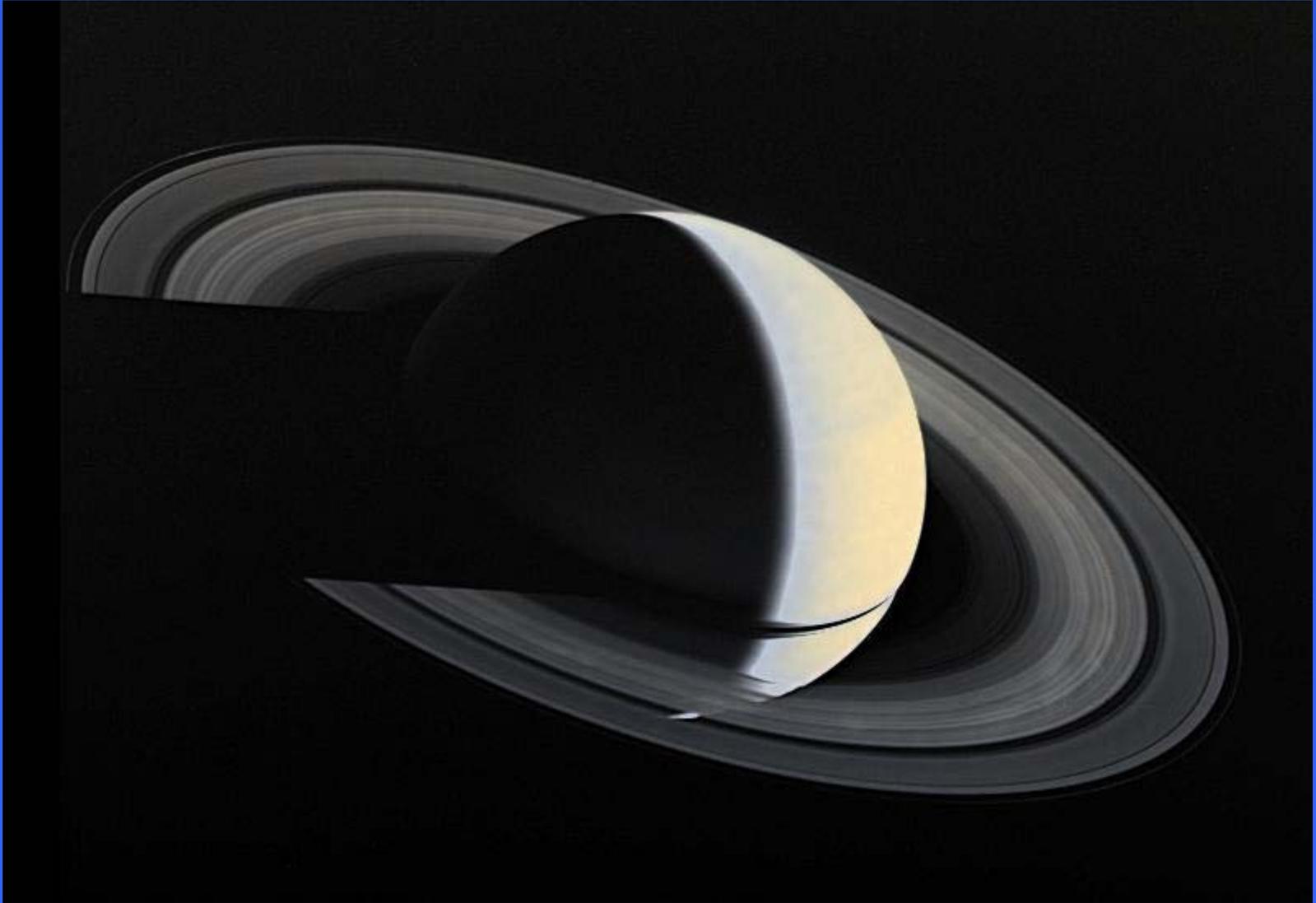
Fisión nuclear

- Neutrones fragmentan los átomos liberando energía
- Isótopos fisionables: Uranio 235 y Plutonio 239
- $^{235}\text{U} = ^{139}\text{Ba} + ^{94}\text{Kr} + 2\ ^1\text{n}$
- La fisión nuclear se usa para la generación de electricidad y la propulsión de barcos.

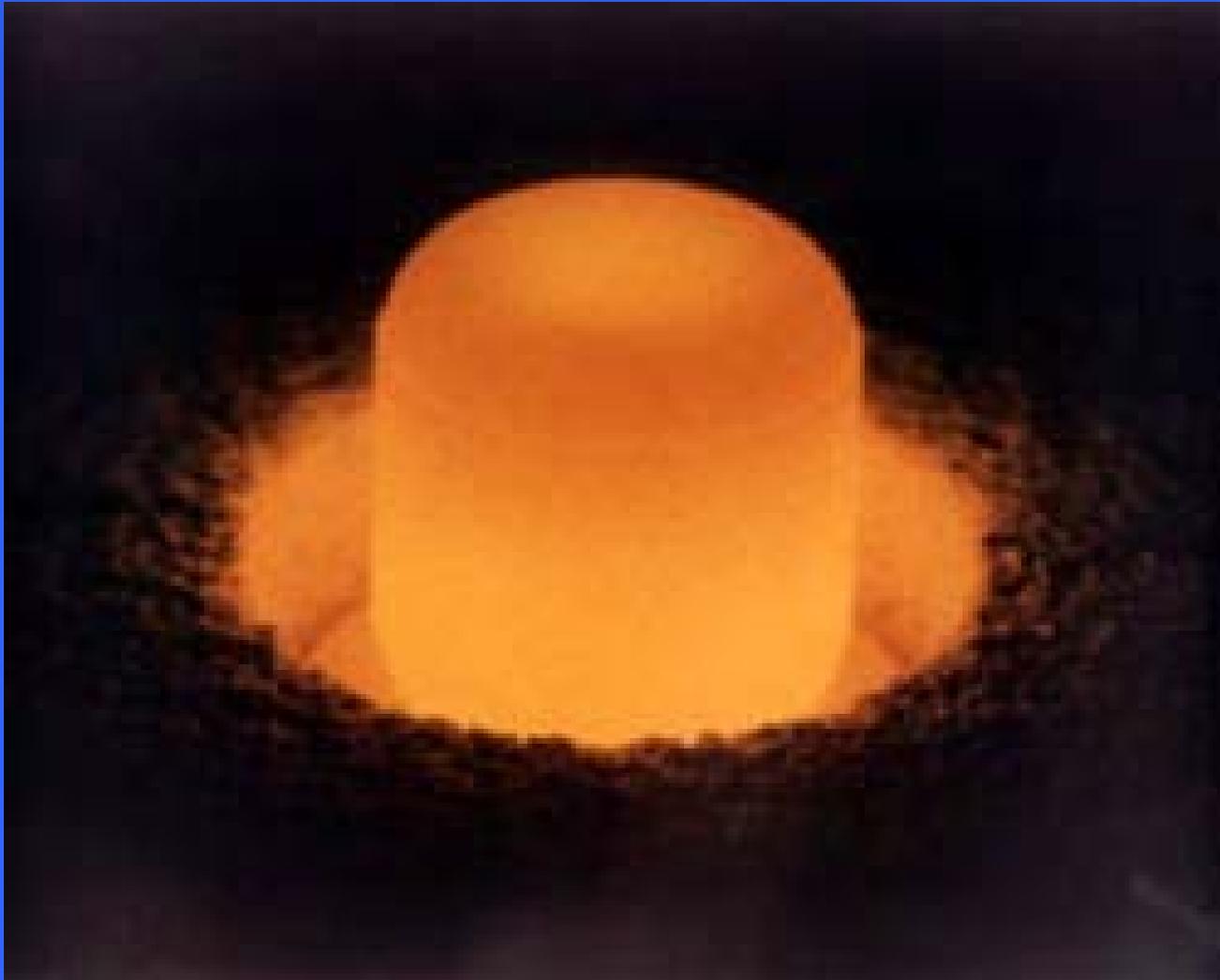
Desintegración nuclear espontánea

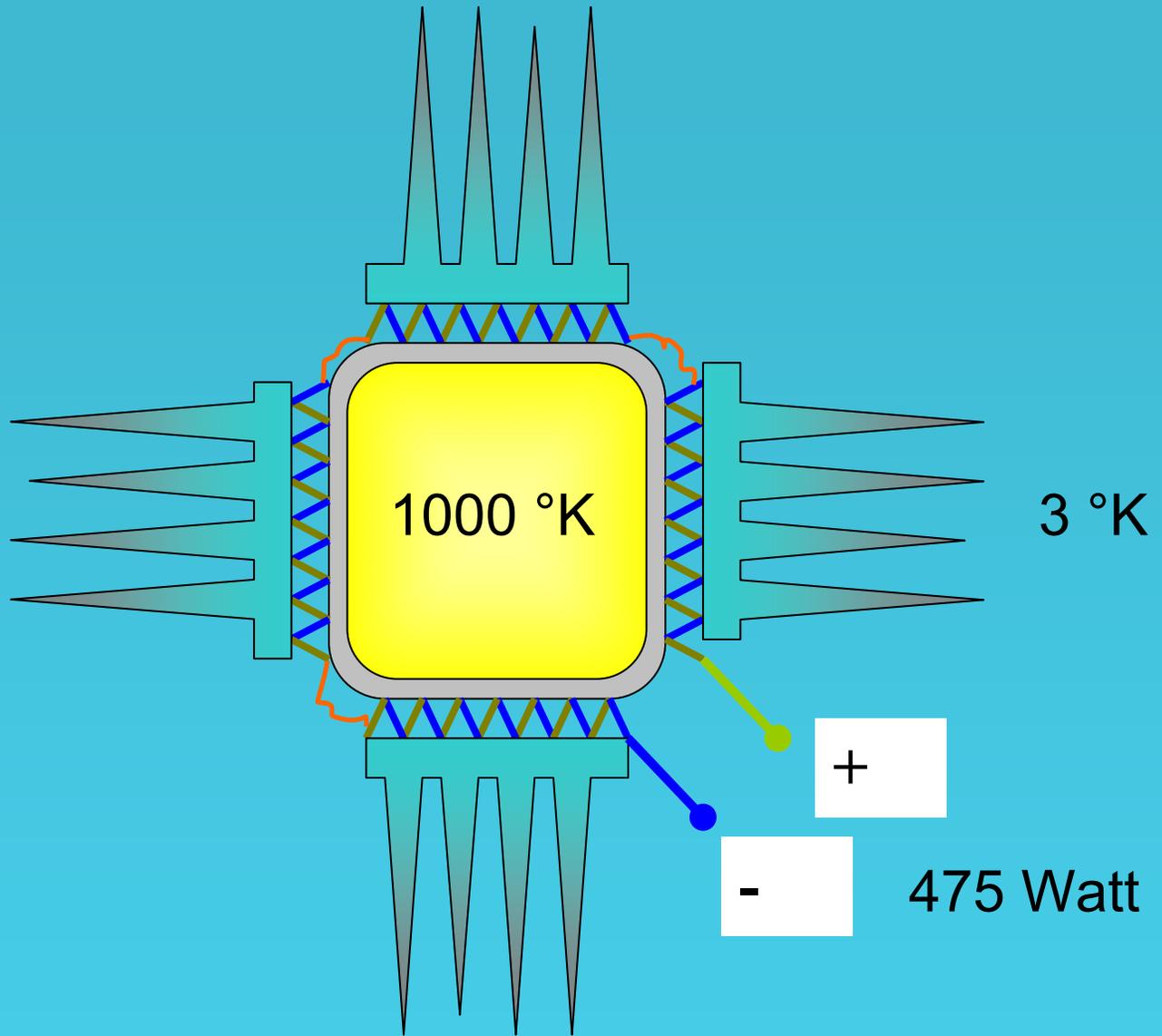
- **Desintegración natural:**
**Geotermia: Uranio²³⁵⁻²³⁸, Torio²³²,
Potasio⁴⁰**
- **Desintegración artificial:**
 1. **Plutonio²³⁸ (VM 87 años, 800 °C,
540 W/kg)**
 2. **Estroncio⁹⁰ (VM 28 años, 700 °C,
460 W/kg)**

Aplicaciones

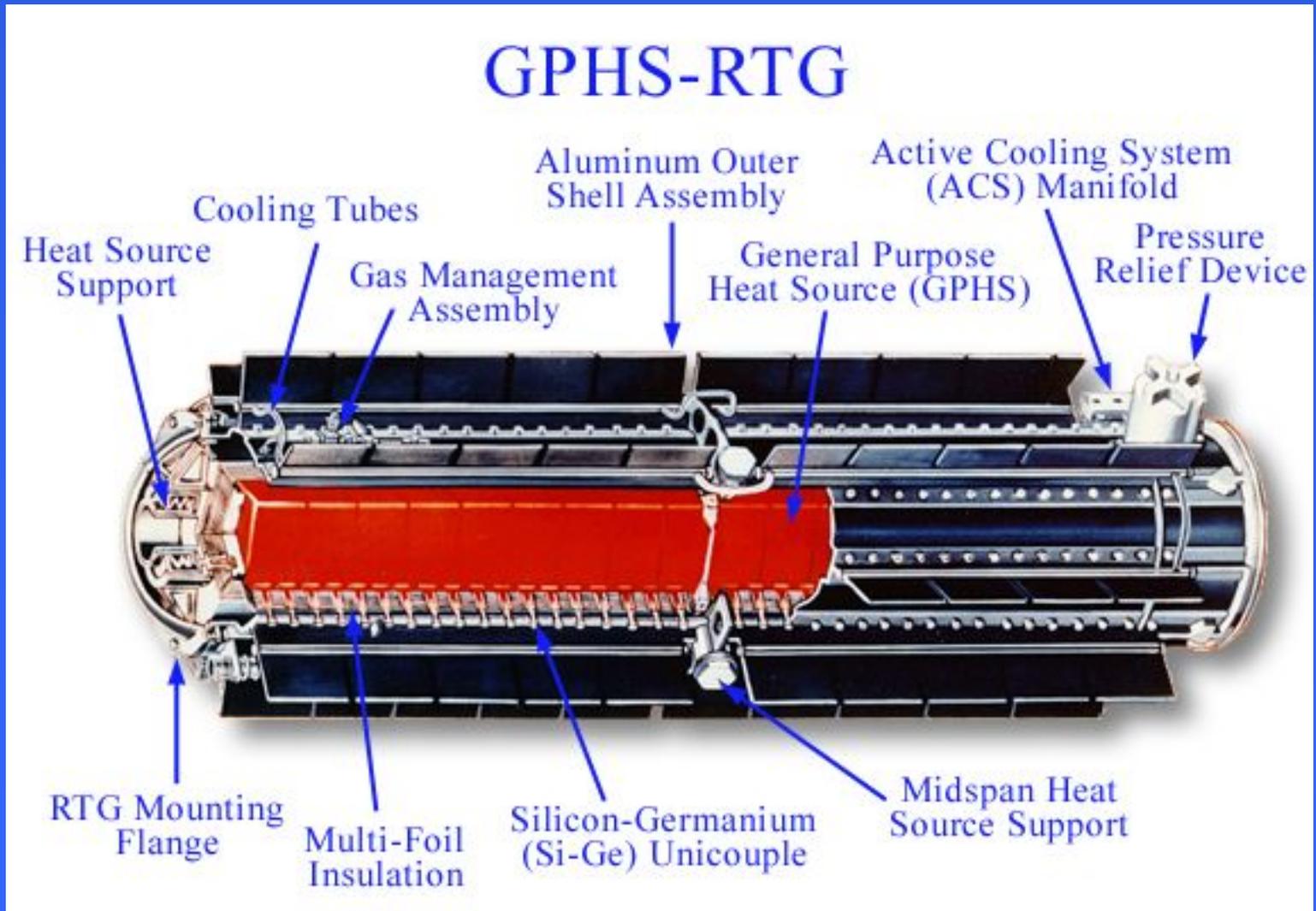


- **Plutonio 238**





Viking RTG (1980), 3 RTG = 475 W



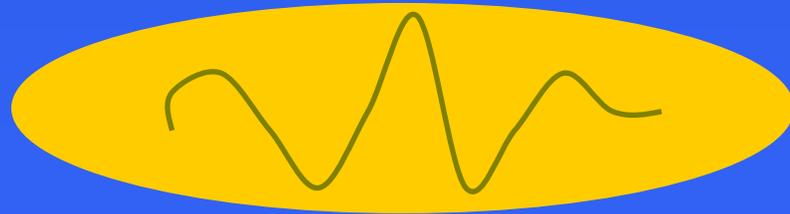
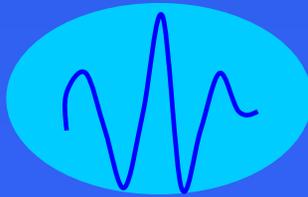
Energía geotérmica

- **Está compuesta de tres partes:**
 - 1. Calor original (4.000 millones de años)**
 - 2. Desintegración natural del uranio, torio y potasio**
 - 3. Fricción de placas tectónicas (calor de subducción)**

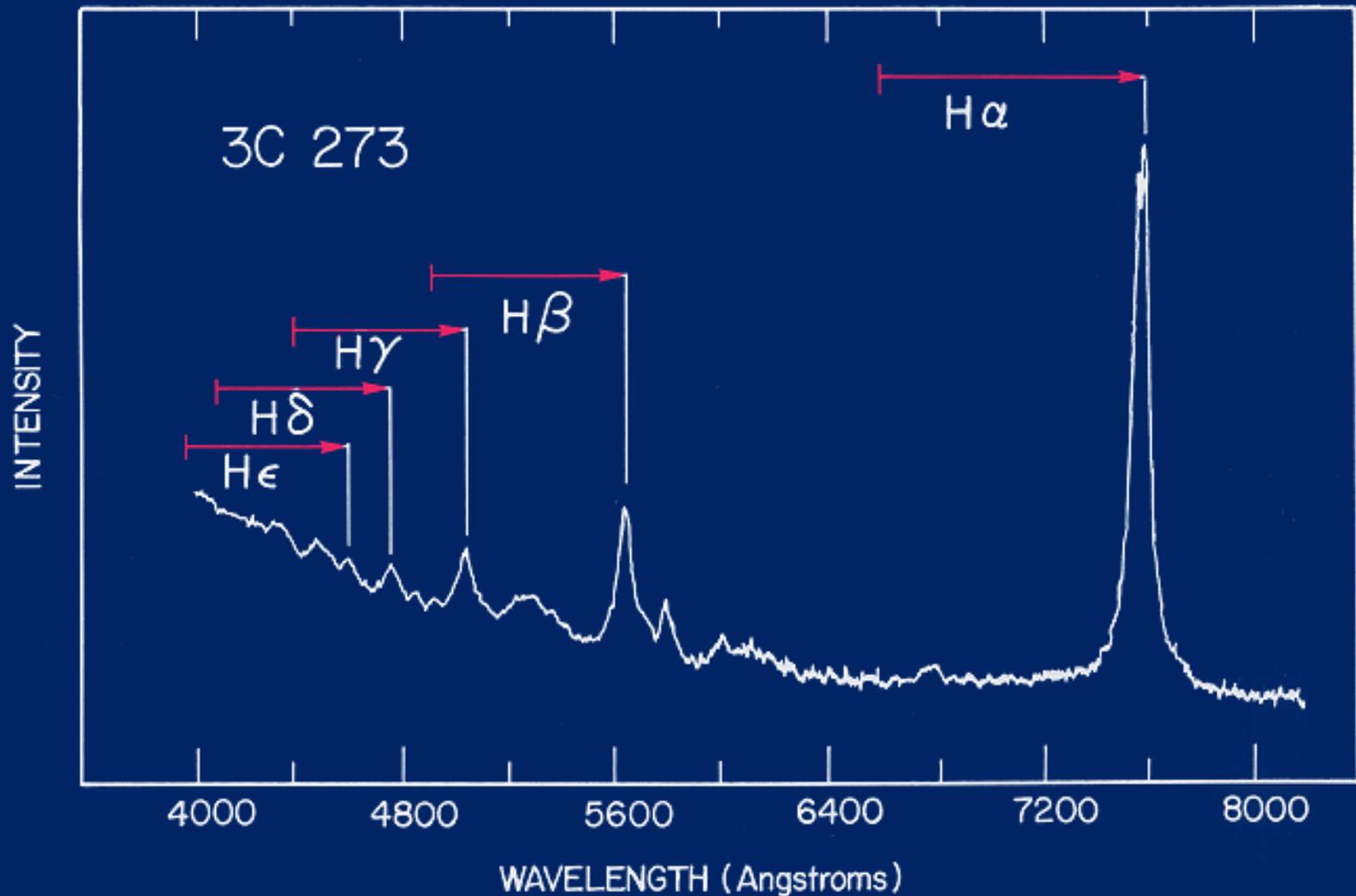
¿ Existen procesos naturales o artificiales que posean un rendimiento mayor en la transformación de masa en energía?

- En 1950 se descubrió en el espacio sideral unas fuentes de rayos X que no emitían luz visible.
- Recién en 1960 a uno de estos objetos, el 3C48, se le pudo asociar una fuente de luz. Se le bautizó Quasar (Quasi Stellar Radio Source)
- La línea Lyman Alpha del hidrógeno tiene , medida en laboratorio, una longitud de onda de 1.216 \AA , en cambio en la luz proveniente de un quasar, 8.300 \AA
- Es un hecho conocido que la luz proveniente de objetos celestes lejanos se estira, debido a que el universo se expande y por lo tanto se desplaza en dirección del rojo.

*Estiramiento de la luz proveniente del quasar
debido al efecto Hubble*



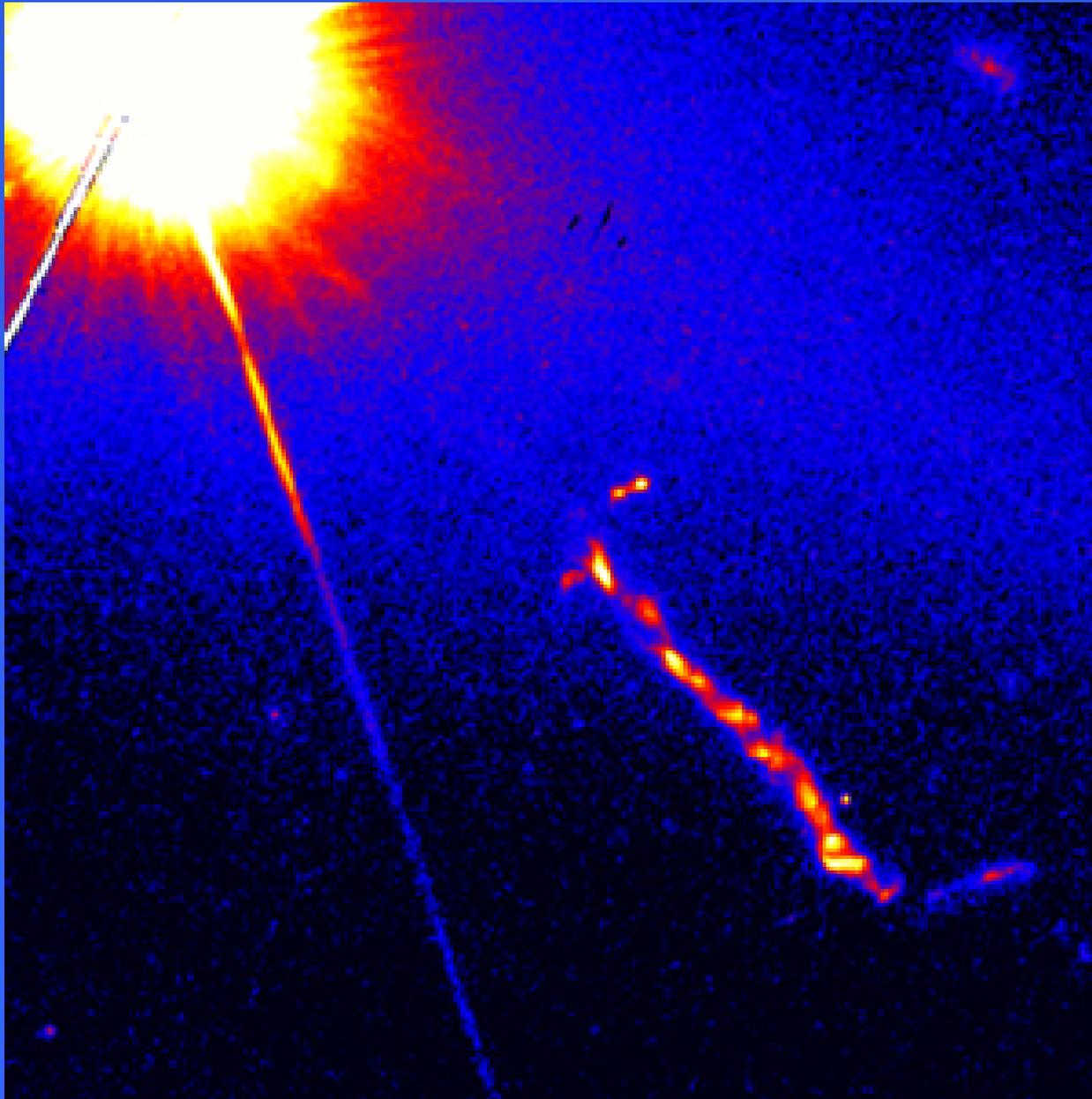
Espectro luminoso del Quasar 3C273



Características del quásar 3C273

- **Se encuentra en la constelación Virgo y está a 2.000 millones de años luz.**
- **Si estuviese a 10 años-luz de distancia de nosotros sería tan luminoso como el sol, el cual como sabemos se encuentra a sólo 8,3 minutos-luz.**
- **Su potencia equivale a 2×10^{12} soles.**
- **Su tamaño equivale al del sistema solar.**

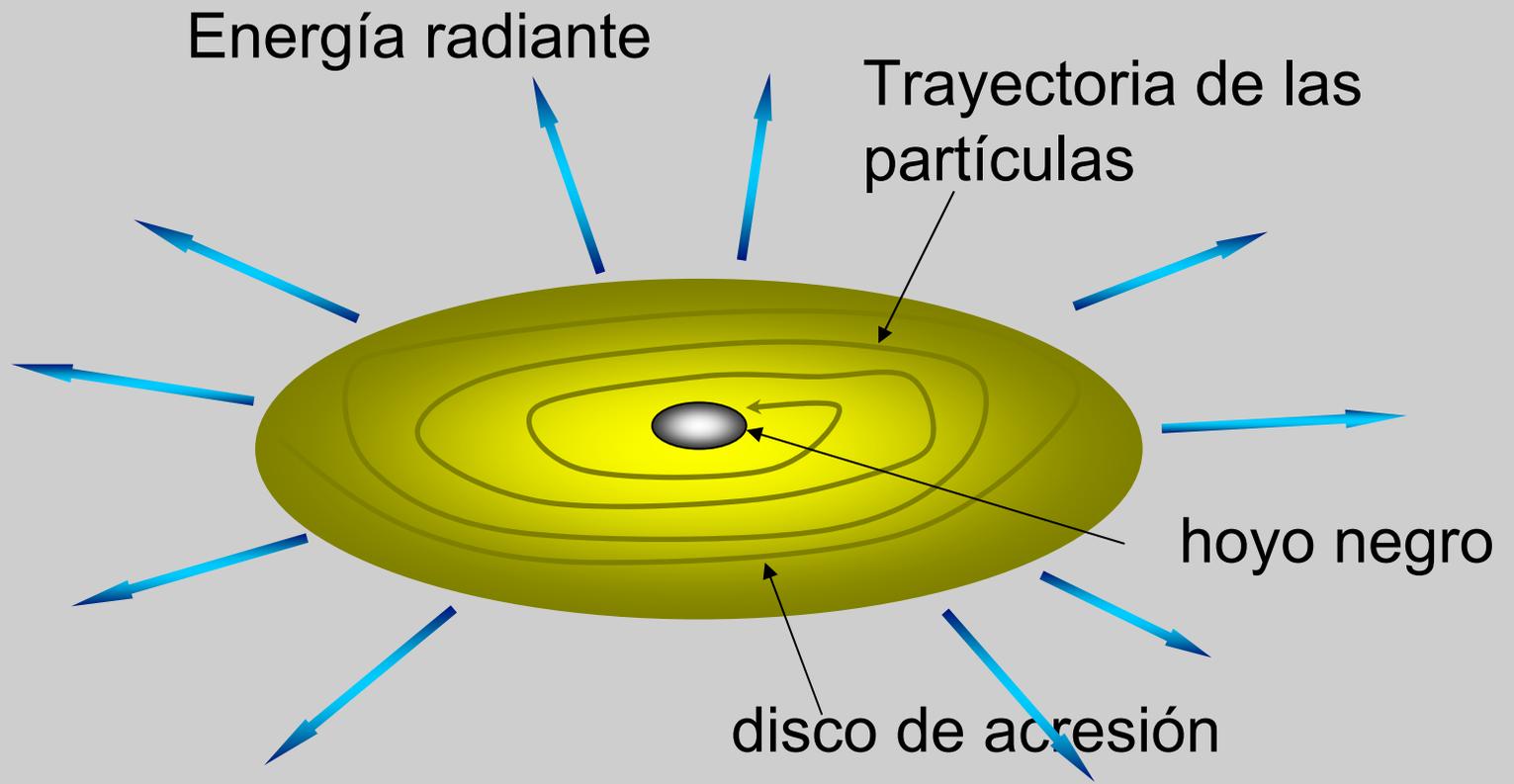
Imagen del quasar 3C273



Origen de la energía del quasar

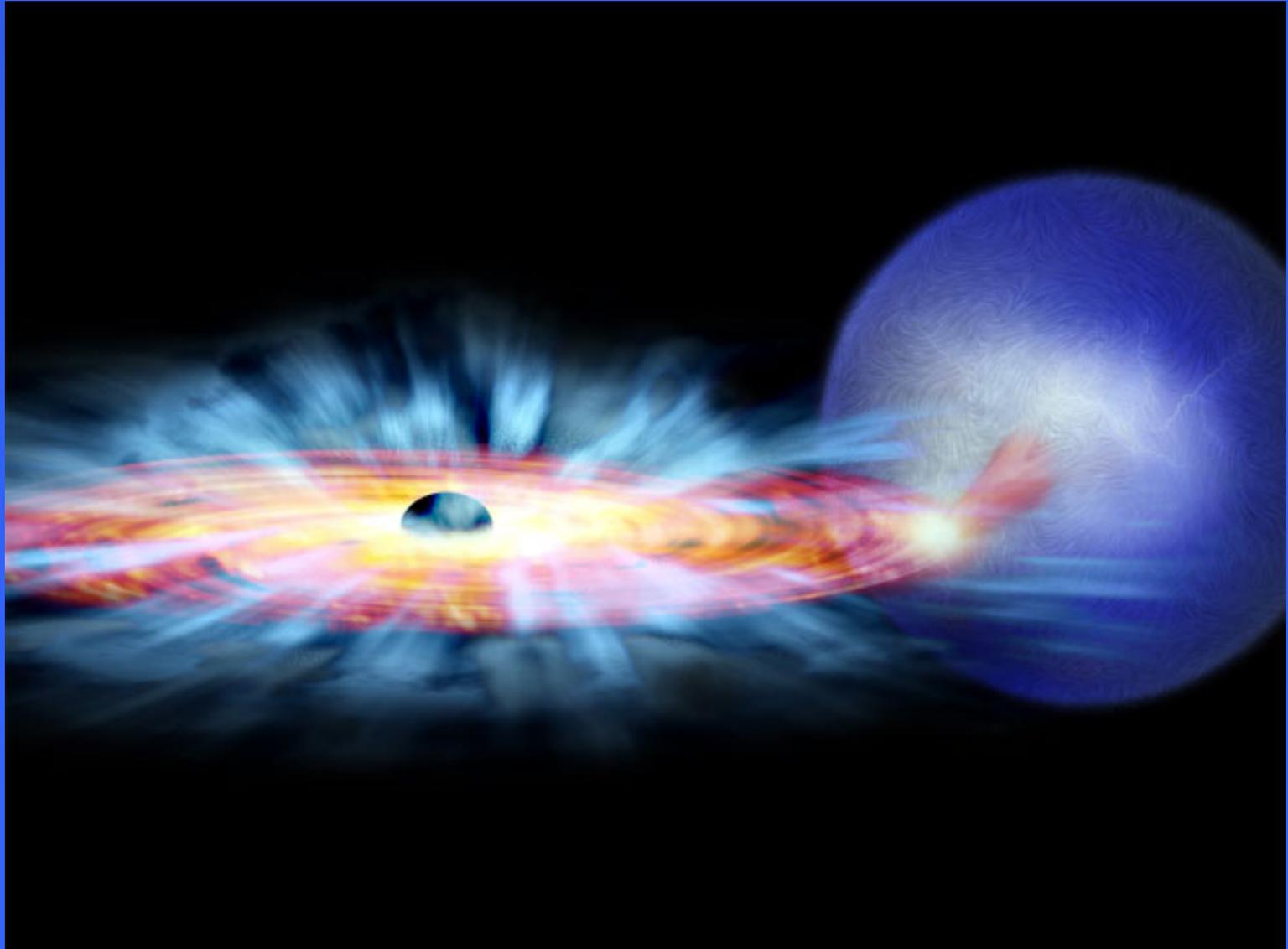
- *En el año 1960 se pensaba que se producía por el choque entre materia y antimateria .*
- *La fusión o fisión nuclear quedan excluidas.*
- *Un quasar es un molino de materia, que en su centro posee una singularidad: un hoyo negro. La materia atrapada por la intensa gravedad forma un disco de acreción donde la materia es desmenuzada en energía.*

Principio de funcionamiento



Central térmica Quasar

Sistema binario GRO -J1655 -40 (4/05)



*Velocidad que alcanzan las partículas:
aproximadamente $1/3c$.*

Factor de conversión:

*Entre un 6 a un 42% de la materia
involucrada se transforma en energía
El resto es engullido por el hoyo negro,
haciéndolo mas pesado.*

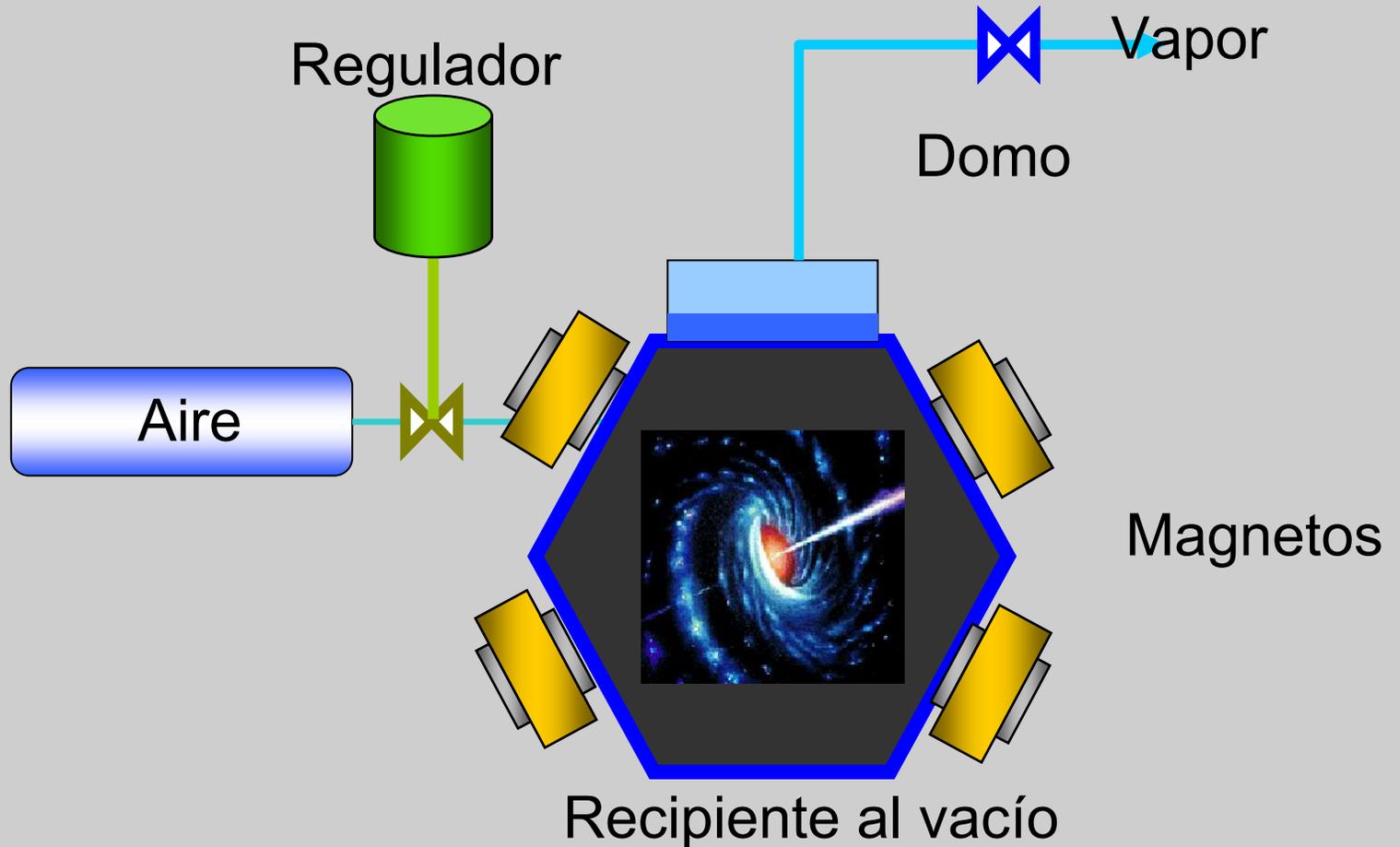
- **Nuestro sol tiene un η de 0,7% y su vida se estima en 8.000 millones de años.**
- **Un quasar puede triturar hasta 3 masas solares en un día.**
- **Son lejos las fuentes de energía mas potentes del universo.**
- **A modo de comparación: un reactor de fusión de 1.000 MWe (2.050) consumirá 300 kg de litio en un año.**
- **Un reactor quasar necesitaría sólo 5 kg para producir la misma potencia.**

- De la novela de **Julio Verne** *Dueño del Mundo*
- “Según sus estimaciones este sorprendente vehículo se desplazaba a por lo menos 200 km/h y así de rápido, al pasar frente a ellos, apenas pudieron percatarse de su forma : un husillo alargado de aproximadamente 10 metros de largo.
- Sus ruedas giraban a tal velocidad que apenas podían verse y una vez que pasó no dejó tras si humo ni olor alguno.
- Así esta máquina tenía un cuádruple uso. Era al mismo tiempo automóvil, lancha, submarino y aeronave.
- Tierra , mar y aire.... Podía moverse a través de los tres elementos y ¡ con qué potencia ! ¡ con qué velocidad !“

- “Sólo necesitaba unos instantes para completar su maravillosa transformación.
- El mismo motor lo propulsaba a través de todas sus rutas y yo fui testigo de su metamorfosis, pero de lo yo aún seguía ignorante,.... y quizá algún día podría descubrir ... era la fuente de energía que utilizaba este prodigio tecnológico, pero sobre todo quien era el inspirado inventor que no solo lo creó, sino además lo manejaba con tanta habilidad y audacia.

- $E = m c^2$ $m = 10^{-3} \text{ kg}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- $E = 9 \cdot 10^{12} \text{ kp m} = 9 \cdot 10^{13} \text{ Nm} = 9 \cdot 10^{13} \text{ Ws}$
- $E = 25.000 \text{ MWh}$
- Transformación : 6% $E = 1.500 \text{ MWh}_{\text{th}}$
- Rendimiento térmico: 20 % $E = 300 \text{ MWh}_{\text{mech}}$
- Potencia mecánica : 300 KW (400 HP)
- Duración : 1.000 horas = 41 días
- Velocidad de vuelo 400 Km/h
- Perímetro terrestre 40.000 km
- Tiempo de vuelo : 100 horas
- 10 vueltas alrededor del mundo

Central térmica mini quásar

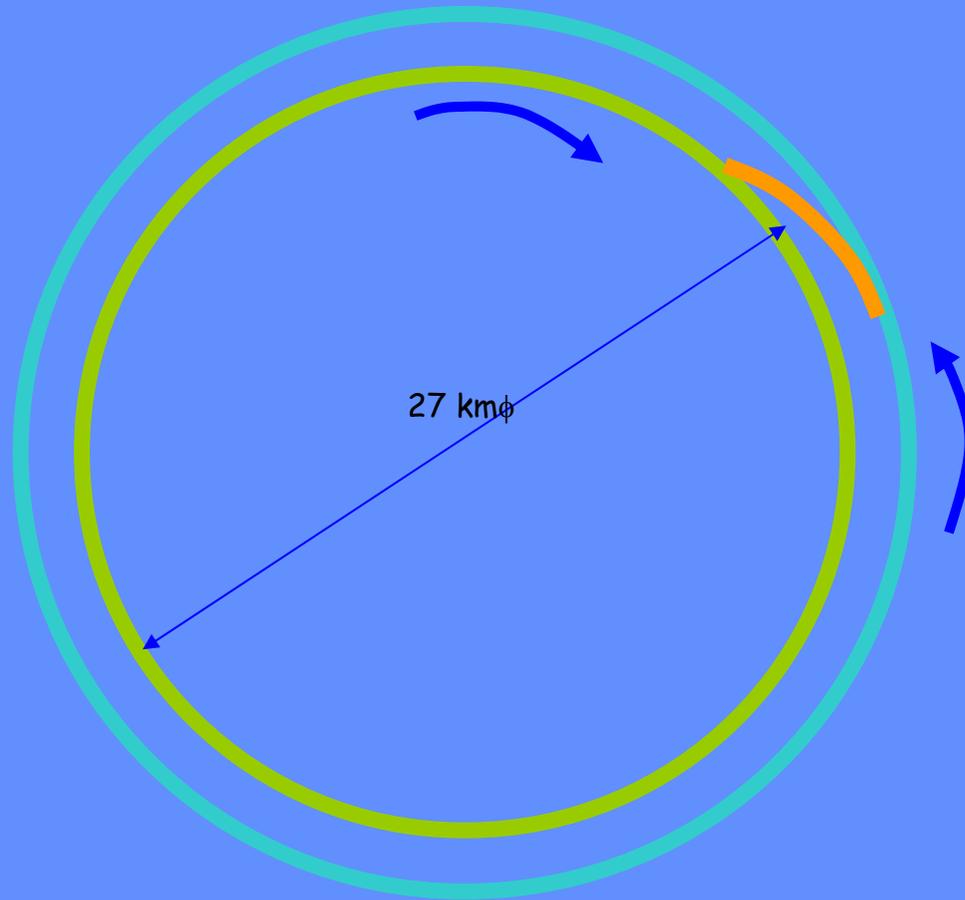


- Mini hoyos negros
- SSC Superconducting Supercollider
- Tunel de 87 Km en Texas, 20 TeV , 1991 - 1993,
- Bill Clinton dijo:
- *Le pido al congreso su apoyo para este importante desafío.*
- *Abandonar el SSC en este momento implica que los Estado Unidos de Norteamérica están seriamente comprometiendo su posición de líder en la investigación de ciencias básicas.*



- **LHC Large Hadron Collider (Suiza - Francia)**
- **Tunnel de 27 km**
- **En noviembre del 2007 empezarán los primeros experimentos a baja potencia .**
- **A partir del 2008 se podrá realizar ensayos con energías de 7 TeV.**

Esquema del LHC



LHC

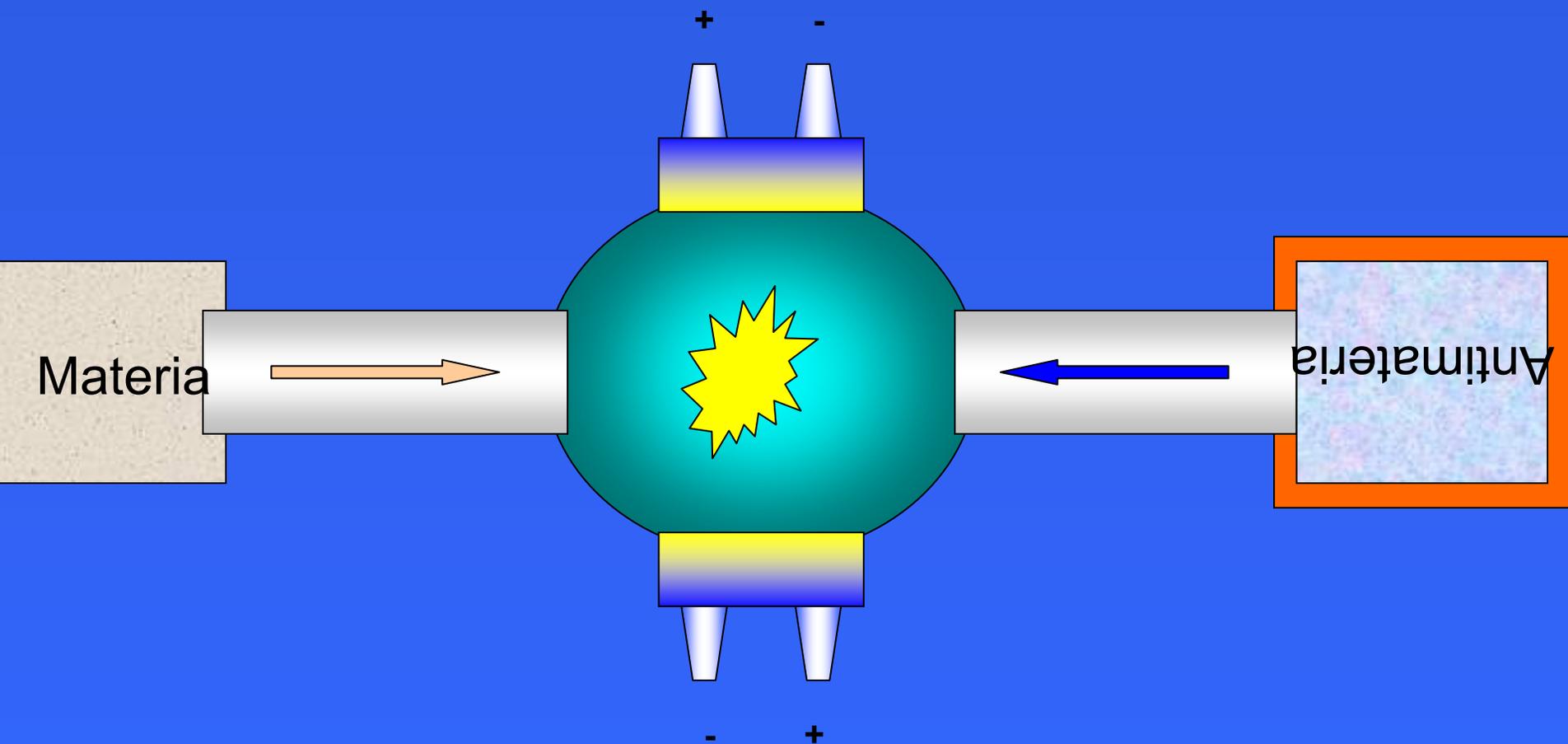


- ***Ventajas de una central mini quásar:***
- **Es tolerante con el combustible**
- **Fácil regulación**
- **Manejo de residuos incorporado**
- **No hay desechos radiactivos**
- ***Desventajas:***
- **Emite radiación ionizante (rayos X y gamma : requiere un apantallado)**
- **Podría transformarse en una trampa gravitatoria**

- Si algo sale mal, el miniquásar se puede descontrolar y hacerse independiente
- Podría engullir a la central térmica, la ciudad y por último a toda la tierra
- Según la fórmula de Karl Schwarzschild (1915)
- $R = 2 GM / c^2$
- $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/(\text{s}^2\text{g})$
- $M = 6 \cdot 10^{27} \text{ g}$
- $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$
- $R = 0,889 \text{ cm}$ Diámetro = 1,78 cm

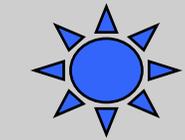
- **¿ Existen fuentes de energía basadas en otros principios ?**
- **Reactor de antimateria**
- **Estrella de neutrones.**

Rector de antimateria

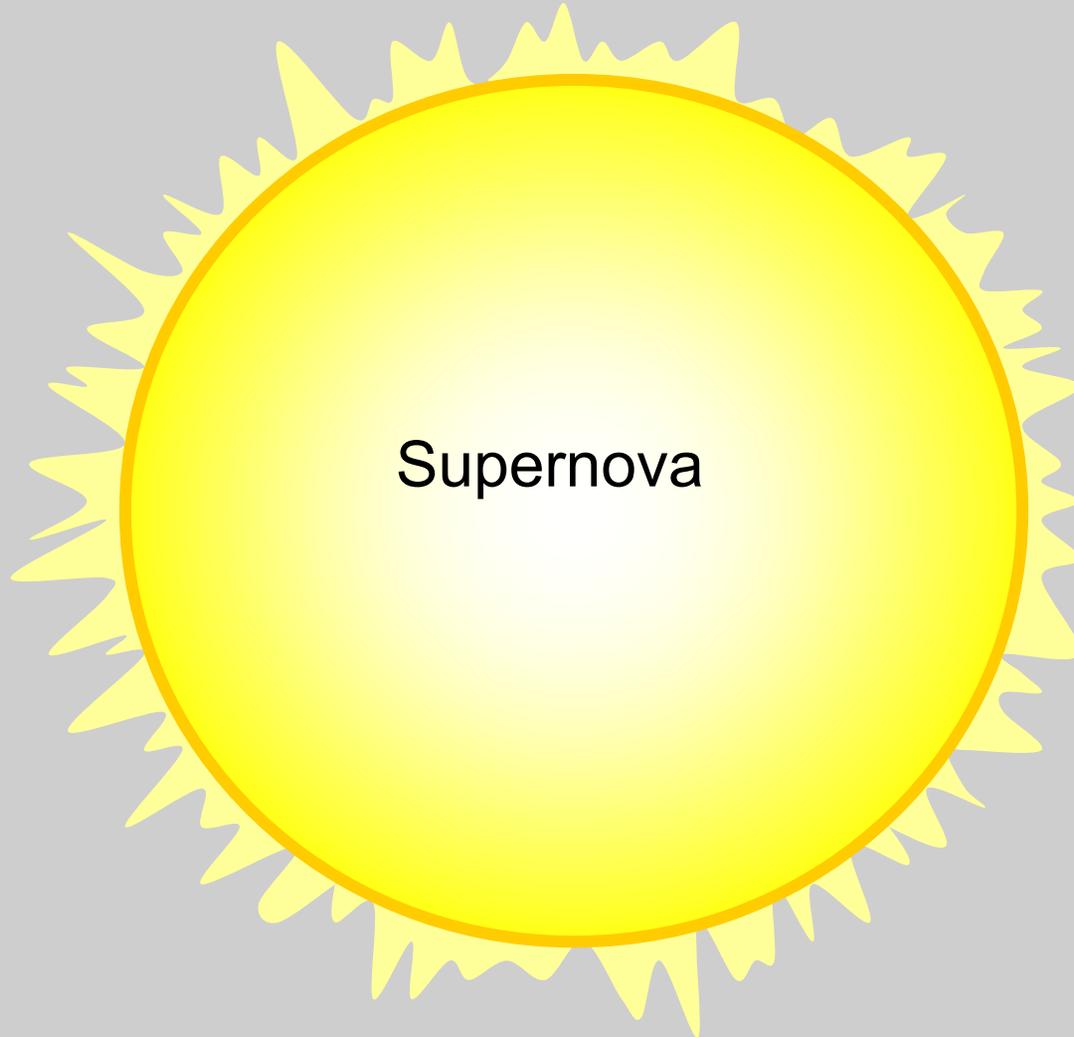


- **Estrella de neutrones**
- **Se forman a partir de estrellas de 4 a 8 masas solares, que pasan a la etapa de supernova.**
- **La materia restante es comprimida a una estrella de neutrones**
- **Densidad del *neutronium* $\rho = 3 \cdot 10^{14}$ g/cm³**
- **Diámetro aprox. 14 km. Masa aprox. 2 masas solares**
- **Gravedad $2 \cdot 10^{11}$ g**
- **Las partículas chocan contra la superficie dura de la estrella a una velocidad de 0,5 c**
- **Grado de conversión $\eta = 10\%$**

Formación de una estrella de neutrones



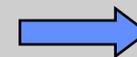
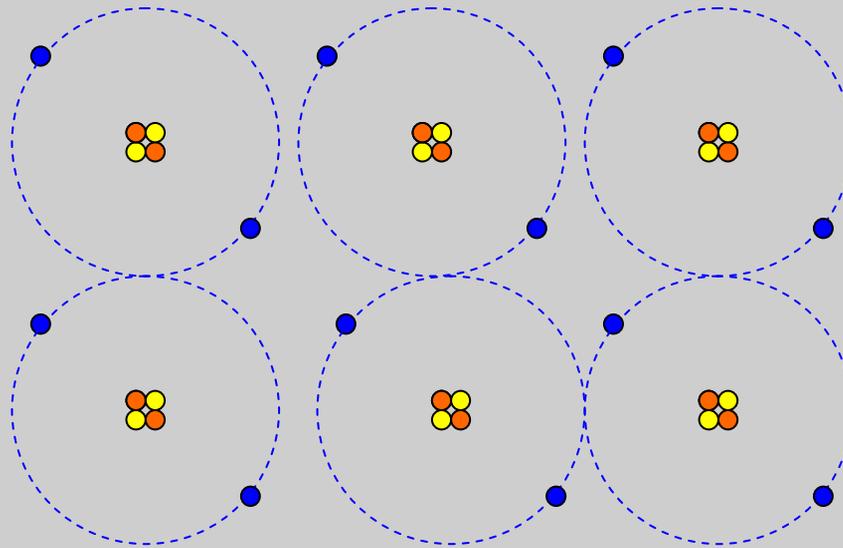
Estrella



Estrella de neutrones

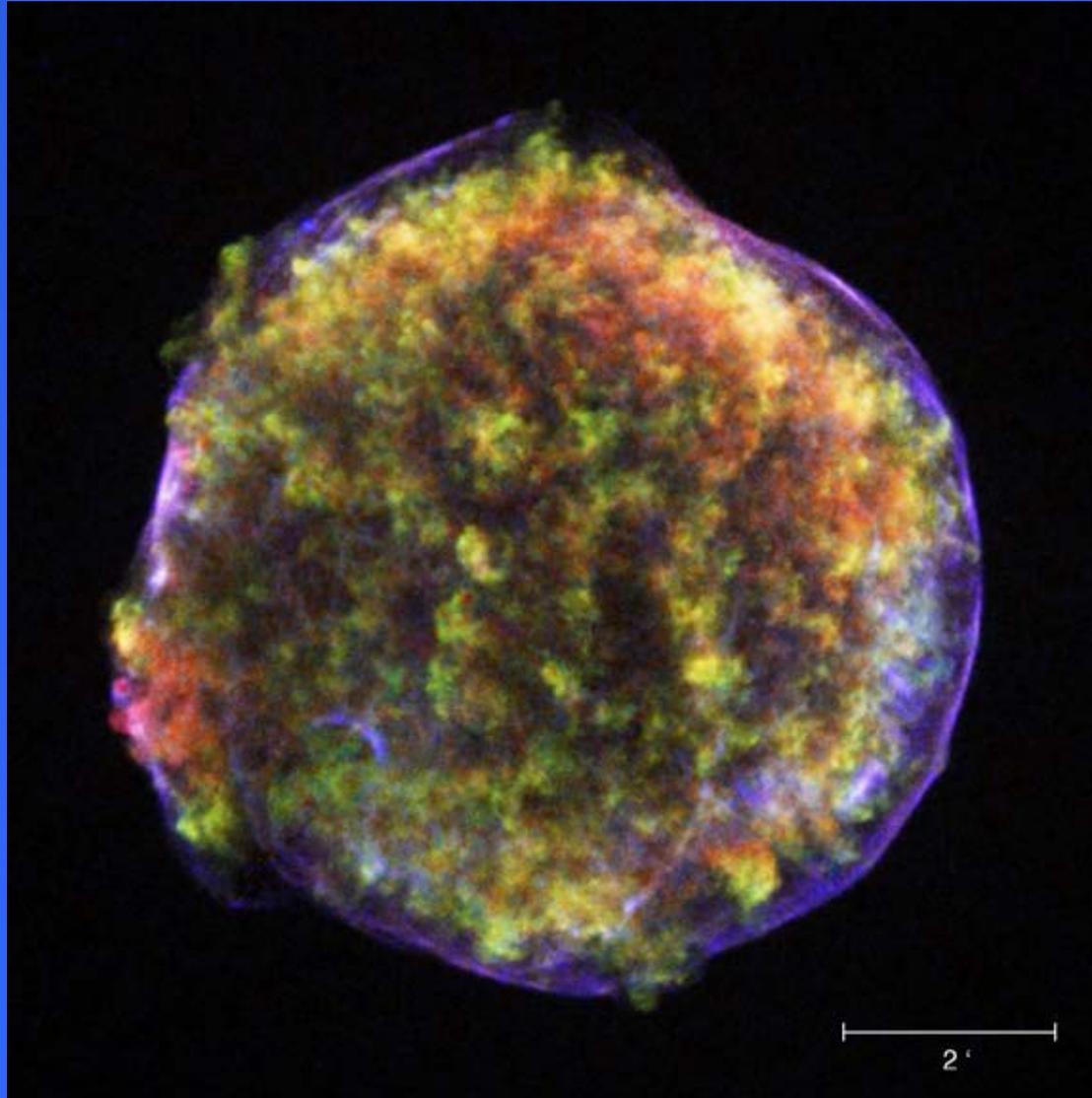
Formación de una estrella de neutrones

Materia normal

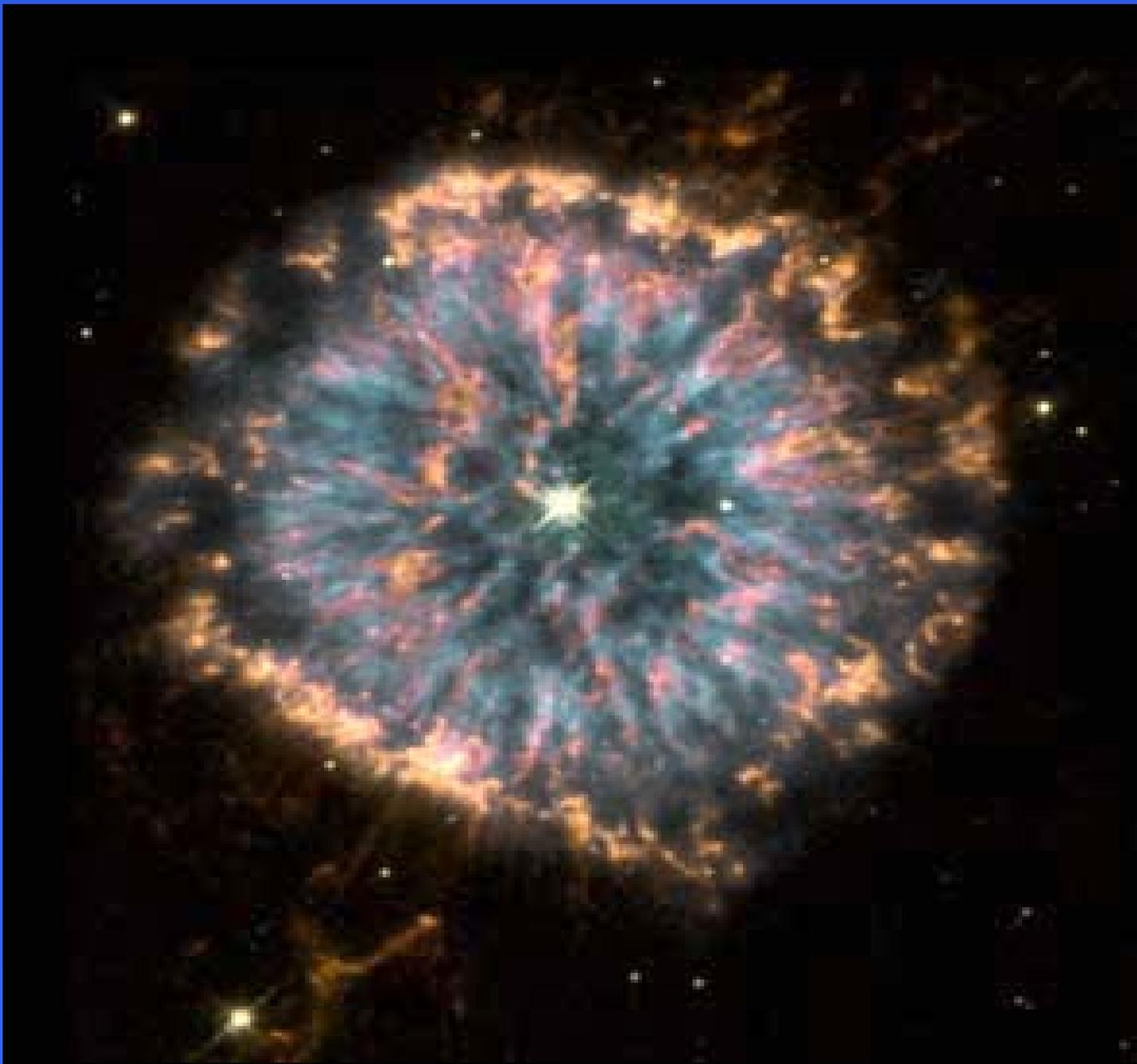


Neutronium

- *Imágenes de supernovas*





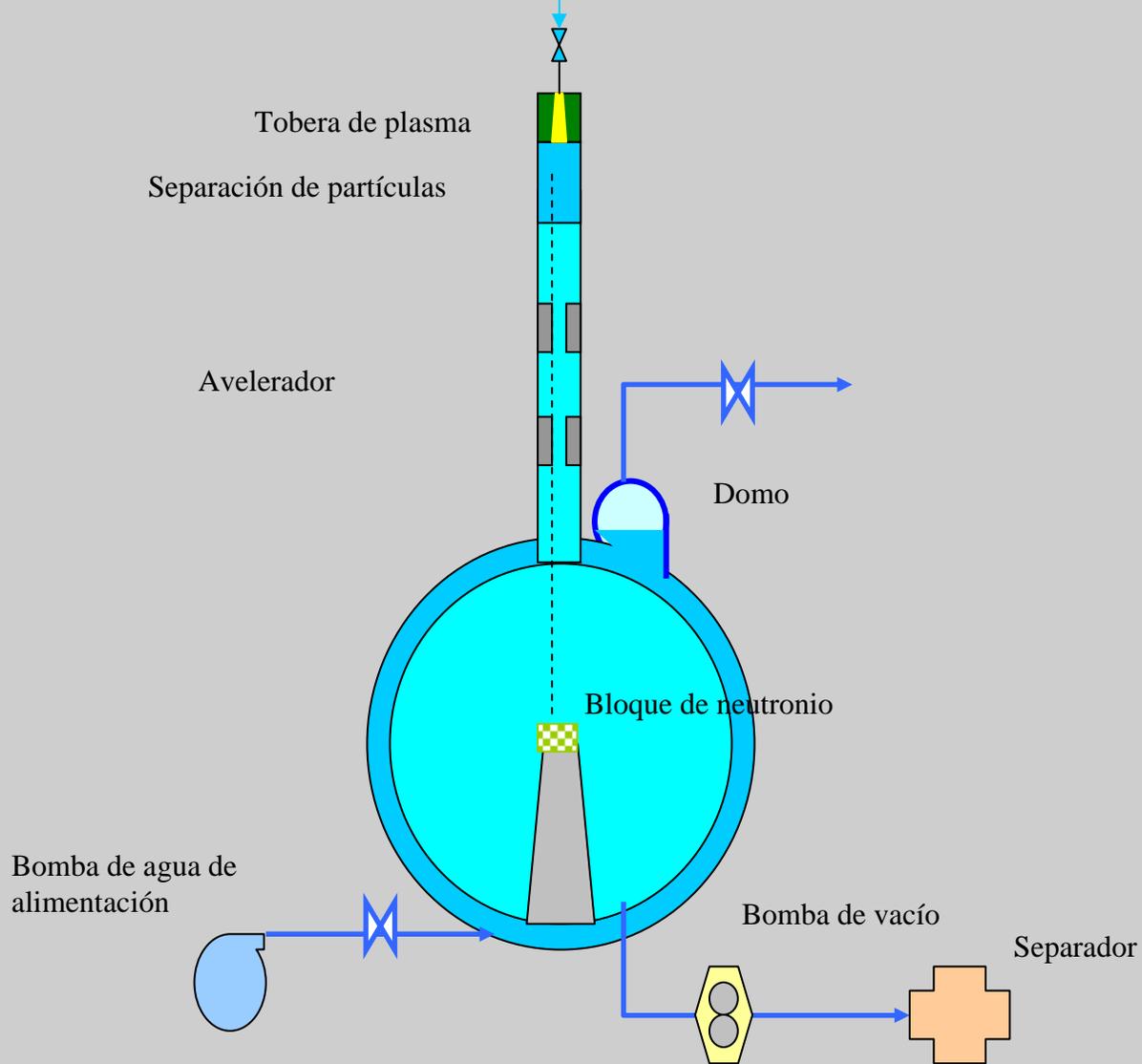








Central térmica de neutronium



- Consumo de combustible de una central de *neutronium*
- Sabemos que: $1 \text{ g Materia} = E = 25.000 \text{ MWh}$
- En una central térmica para producir 1.000 MW_e requiero 3.200 MW_{th}
- Por lo tanto el consumo es 0.128 g/h
- Como la conversión de una central de *neutronium* es de 10% el consumo será : $1,28 \text{ g/h}$, lo que equivale al aire que hay en una botella vacía de 1 litro .

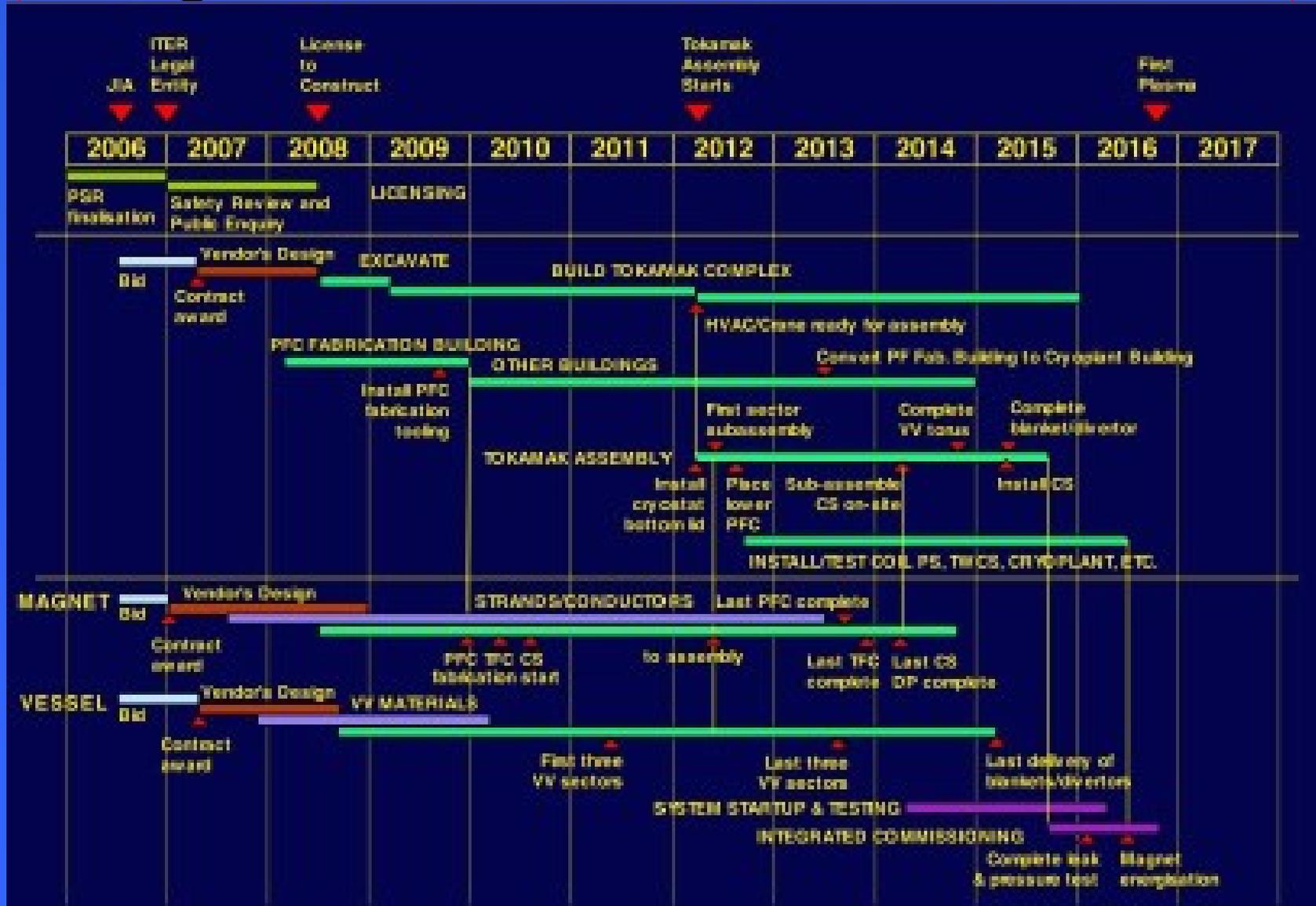
- **Resumen de las fuentes de energía del futuro**

Fuente	Conversión	Ubicación
• Fusión D - T	0,7%	8,3 min-luz
• Estrella de neutrones	10%	180 años-luz
• Quasar	6 - 42%	5.000 10 ⁶ años-luz
• Reactor de antimateria	100%	Fantasía

- **La fusión nuclear D - T o el proyecto ITER**
- Origen
- тороидальная камера магнитная
- **АНДРЕЙ САХАРОВ (1951)**
- **ТО**роидальная **ка**мера **маг**нитная
- Concepto : Tokamak
- En 1985 Proposición del primer ministro **Михаил ГОРБАЧЕВ** al Presidente Ronald Reagan
- СССР + USA + EU + Japón
- Mas tarde Canada, China, Korea e India

- **Reacciones termonucleares**
- $2\text{H}_1 + 3\text{H}_1 = 4\text{He}_2 + 3,6 \text{ MeV} + 1\text{n} + 14 \text{ MeV}$
- **Reacciones neutrónicas**
- $7\text{Li}_3 + 1\text{n} = 3\text{H}_1 + 4\text{He} + 1\text{n} - 2,4 \text{ MeV}$
- $6\text{Li}_3 + 1\text{n} = 3\text{H}_1 + 4\text{He} + 4,7 \text{ MeV}$
- **Presión = 10^{-5} bar**

- Lugar : Cadarache Francia

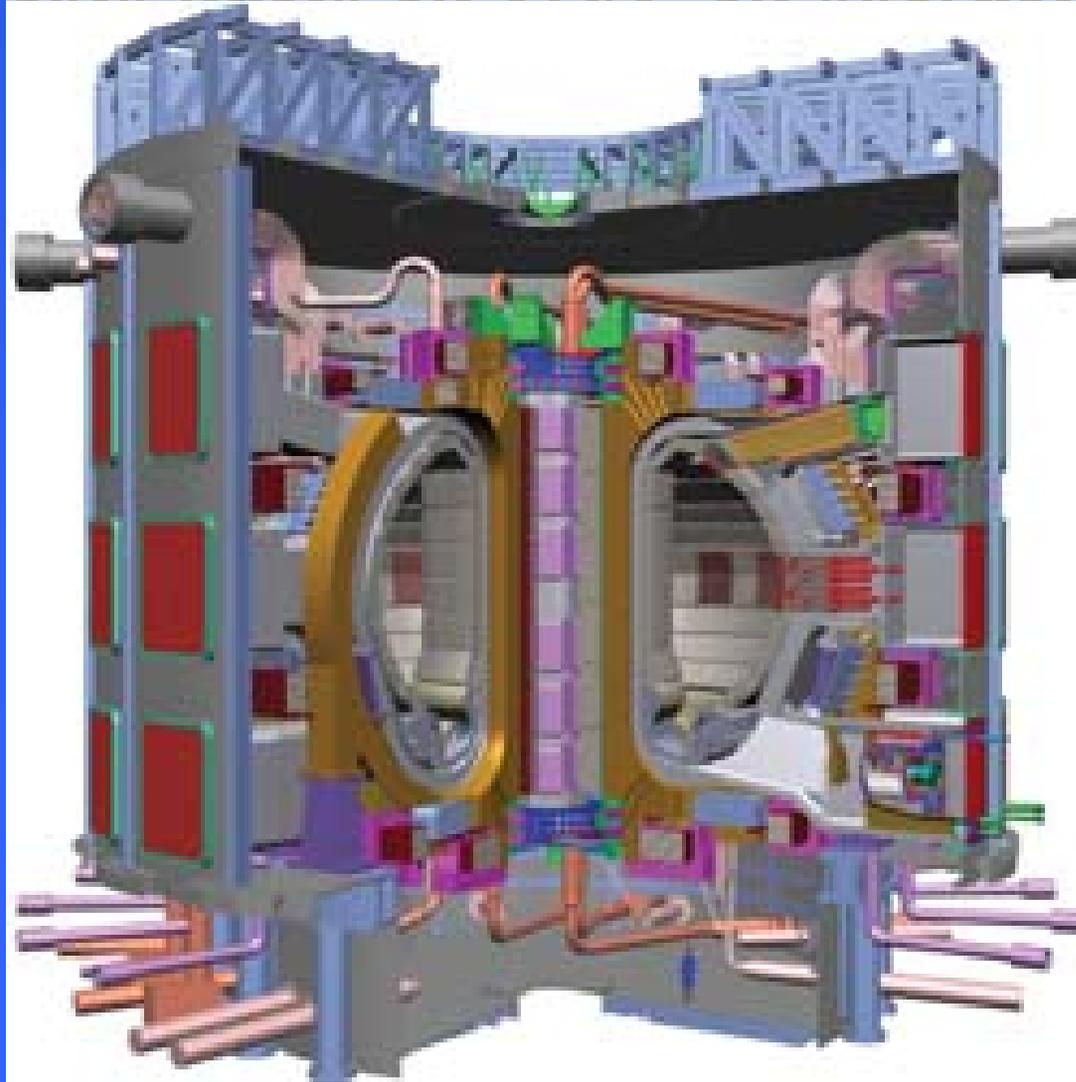


- **1 año de pruebas del sistema**
- **10 años para determinar las condiciones óptimas de operación**
- **10 años de operación bajo condiciones óptimas**
- **2038 Desconexión**
- **2050 entran en operación las primeras centrales térmicas de fusión.**

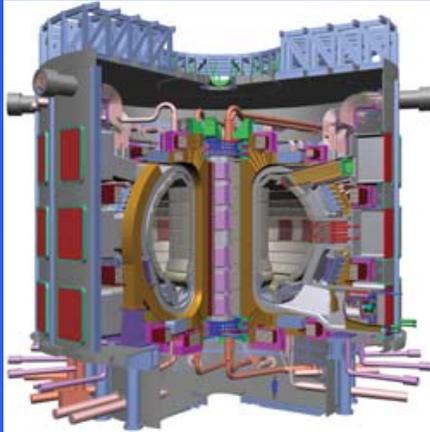


Fusión D -T en un Tokamak

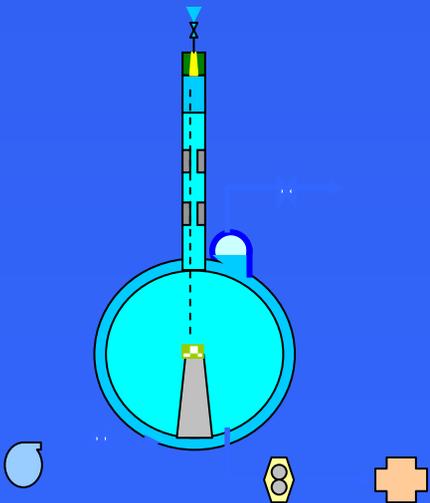
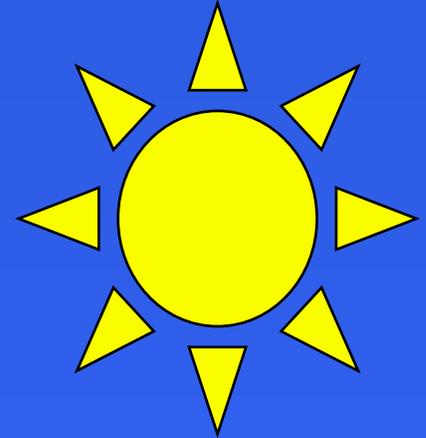
Concepto nació en 1951 en operación 2050



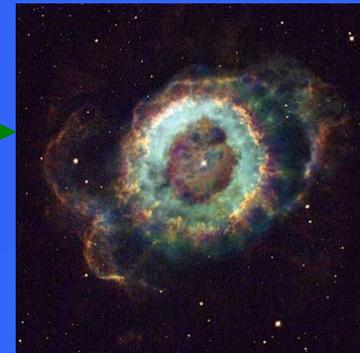
Fuentes naturales de energía

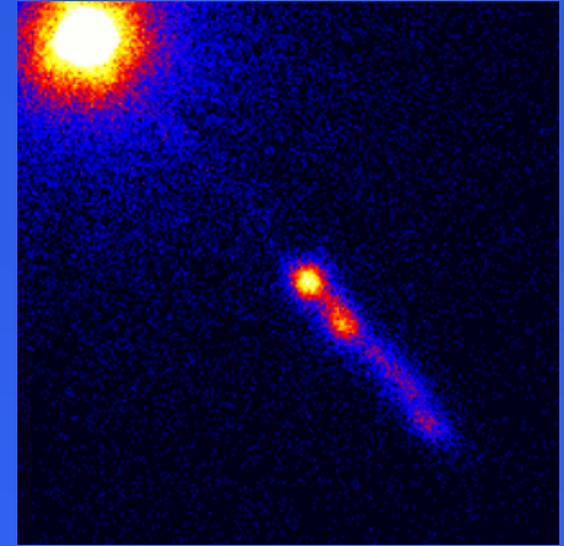
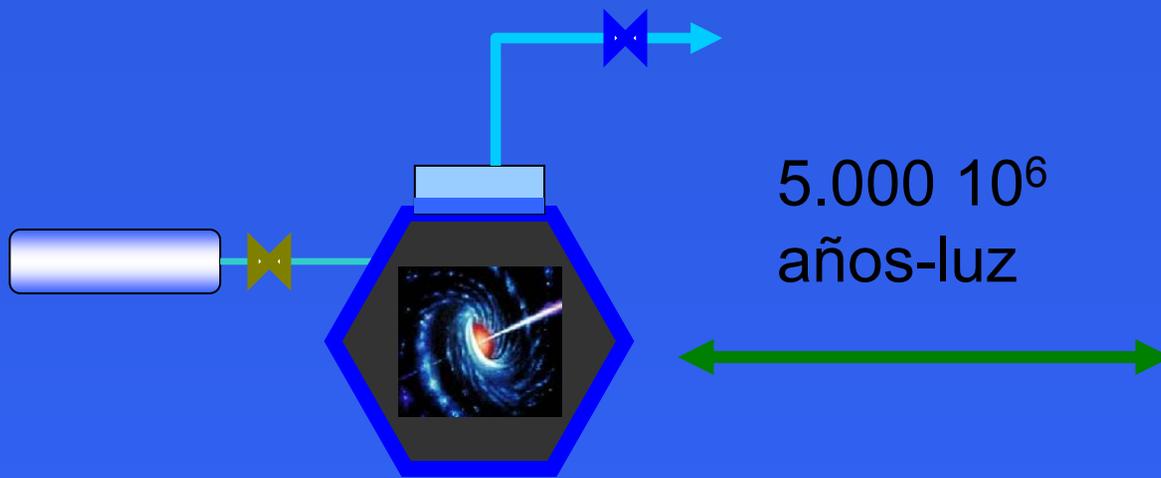


8,3 minutos-luz



180 años-luz





¿ Cuántos años tardaremos en desarrollar estas nuevas fuentes de energía?

