



# Energia: dalle stelle all'umanità

- Un po' di greco e di latino
- Dal Sole alla Terra
- La crisi scientifica dell' 800
- RIS al Gran Sasso
- Non solo Sole
- L'eredità delle Stelle morenti
- XI comandamento

Intermezzi: qualche spot sulla ricerca a Pd e dintorni





# Perche' e' importante l'energia?

Energia è la capacità di produrre lavoro

Due concetti vicini, in alcune lingue legati a parole vicine:

- gr:energeia-ergon,
- en : energy-work,
- ted : Energie-Werk...)

Nelle lingue romanze al termine lavoro e' legato il concetto di fatica, sofferenza:

- Lt: laborare=faticare,
- Fr: travailler,
- sp: trabahar,..... it.travaglio"

Lavorare insomma è fatica: **l'energia è importante perchè ci libera dalla fatica, dalla sofferenza.**



U.S. DEPARTMENT OF  
**ENERGY**

# Fonti di energia

Solare

Eolico

Energia Idroelettrica

"bioenergy"

Combustibili fossili

Geotermia

Energia da fissione nucleare

Energia da fusione nucleare...

**Fonti di energia** e **vettori di energia** sono concetti vicini, ma da non confondere (es: elettricità e idrogeno sono vettori, non fonti)

Fonti di energia e **sorgenti** di energia:

La sorgente comune di di 1-5 e' il **Sole**, ovvio per 1-3





## Dal sole all'umanità: la Fotosintesi



Per far crescere una pianta ci vuole aria, acqua e luce, attraverso la reazione della fotosintesi:



L'energia solare è convertita in energia chimica, che sta nei legami fra C ed H

L'utilizzo dell'energia è tramite la combustione, che sostanzialmente è il processo inverso:



Questo è ciò che facciamo alimentandoci, assai simile a quel che succede quando bruciamo del legno, e simile a quel che avviene nel motore dell'automobile....

I combustibili fossili (olio, gas, carbone..) sono i resti di sostanze biologiche, che hanno trattenuto per milioni d'anni l'energia che il sole aveva dato a una pianta., tramite la fotosintesi...

**Dunque anche la mia auto (a benzina) funziona a energia solare !!!!**

# Perche' guardare l'interno delle stelle?



Il Beduino, il pastore, passava la notte nel deserto, che era completamente oscuro e buio. Allora Dio, per aiutare il suo fedele, invio' i suoi angeli a forare la volta nera della notte con le loro lance. Quelle che noi percepiamo come stelle, non sono altro che i fori nella volta della notte dai quali si vede la luce che c'è al di la', nel paradiso di Dio

(leggenda della cultura beduina sull'origine delle stelle)

# La fonte di energia delle stelle

- **Kelvin**: L'energia gravitazionale può sostenere la luminosità del sole per circa 30.000.000 di anni.
- **Troppo poco** per rendere conto dell'evoluzione dei processi biologici e geologici
- Comprendere la fonte di energia delle stelle era il **problema** scientifico del secolo scorso:



quale fonte di energia può sostenere il sole per circa 5.000.000.000 anni?

# La nascita dell'astrofisica nucleare

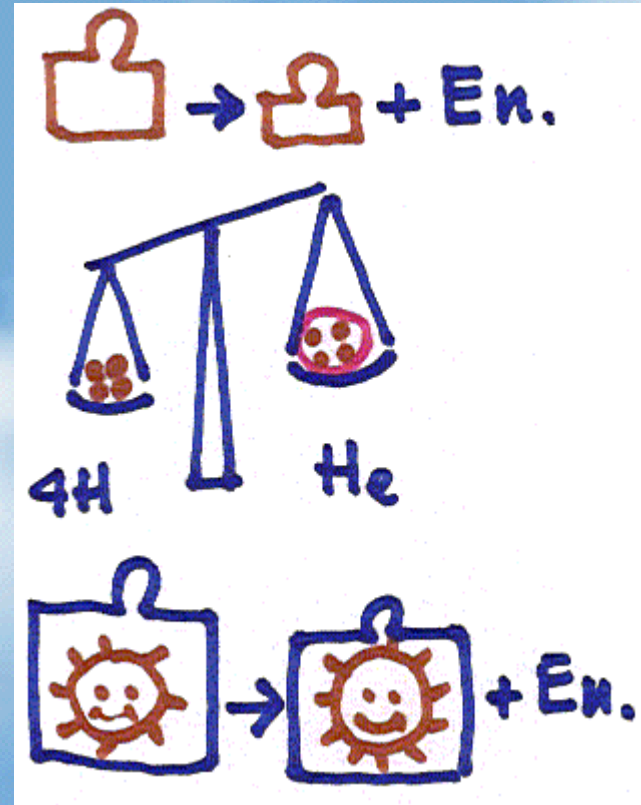
Einstein:

$$E=mc^2$$

Aston:

$$m(\text{He}) < 4 m(\text{H})$$

**Eddington:** Se una stella consiste inizialmente di idrogeno, che viene gradualmente trasformato in elementi più pesanti, allora abbiamo compreso la fonte di energia delle stelle....



...Se questo e' vero, allora siamo più vicini al sogno di controllare questo potere latente, **a beneficio dell'umanità o per il suo suicidio** (1920)

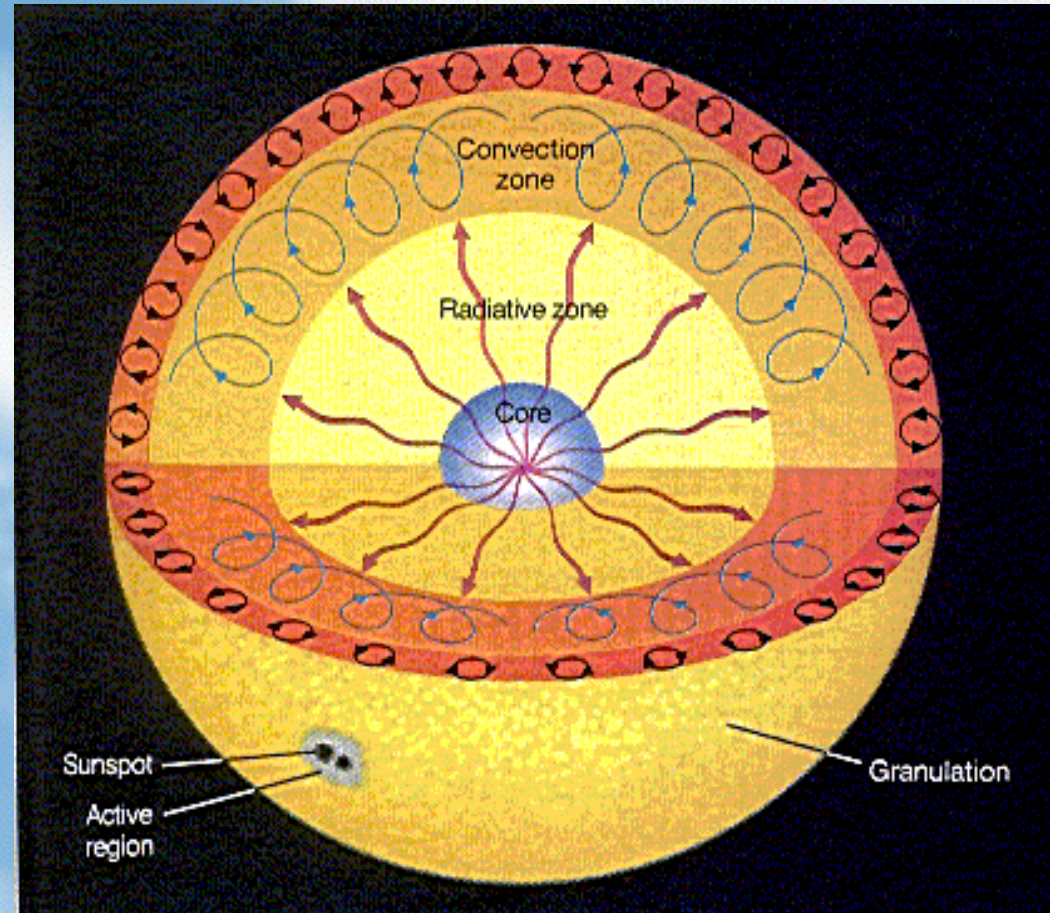
# La prova ?

Riteniamo che nel nucleo del sole avvengano reazioni di fusione nucleare:



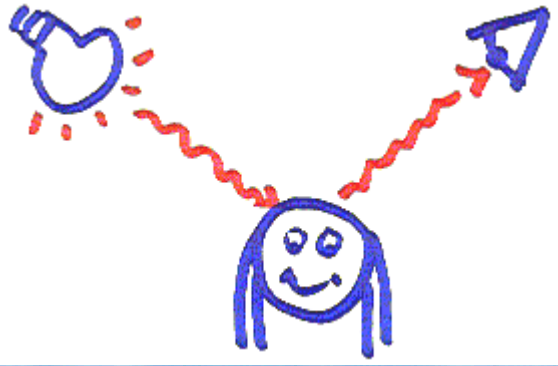
Come dimostrarlo?

I neutrini, i costituenti della la radiazione più penetrante, riescono ad attraversare la stella (Pontecorvo '47); occorre rivelarli per avere la prova della fonte di energia del sole

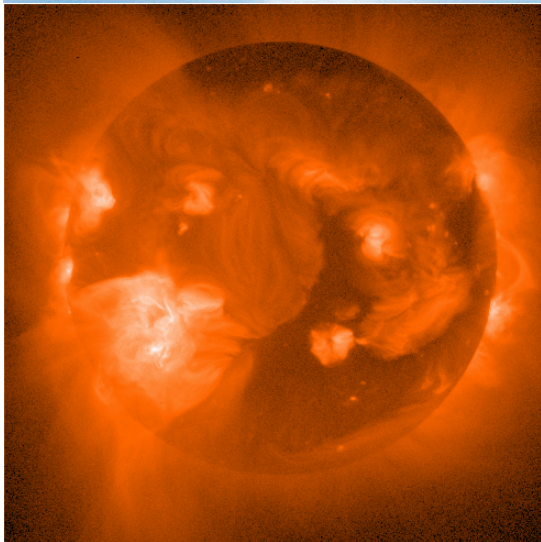
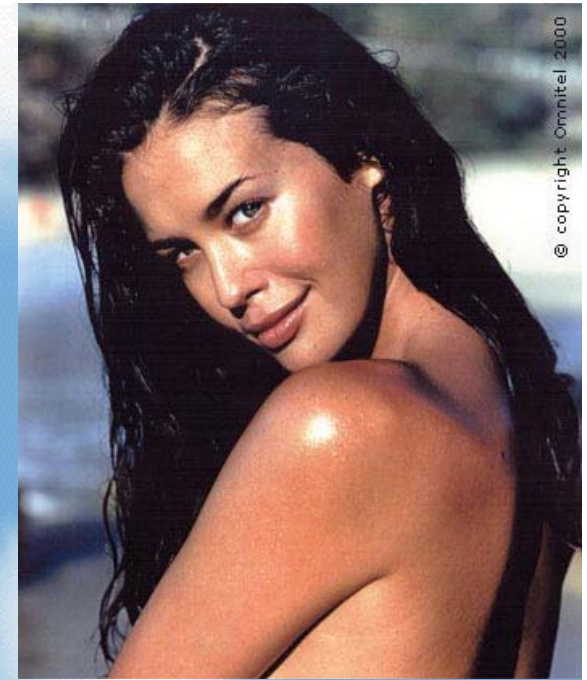




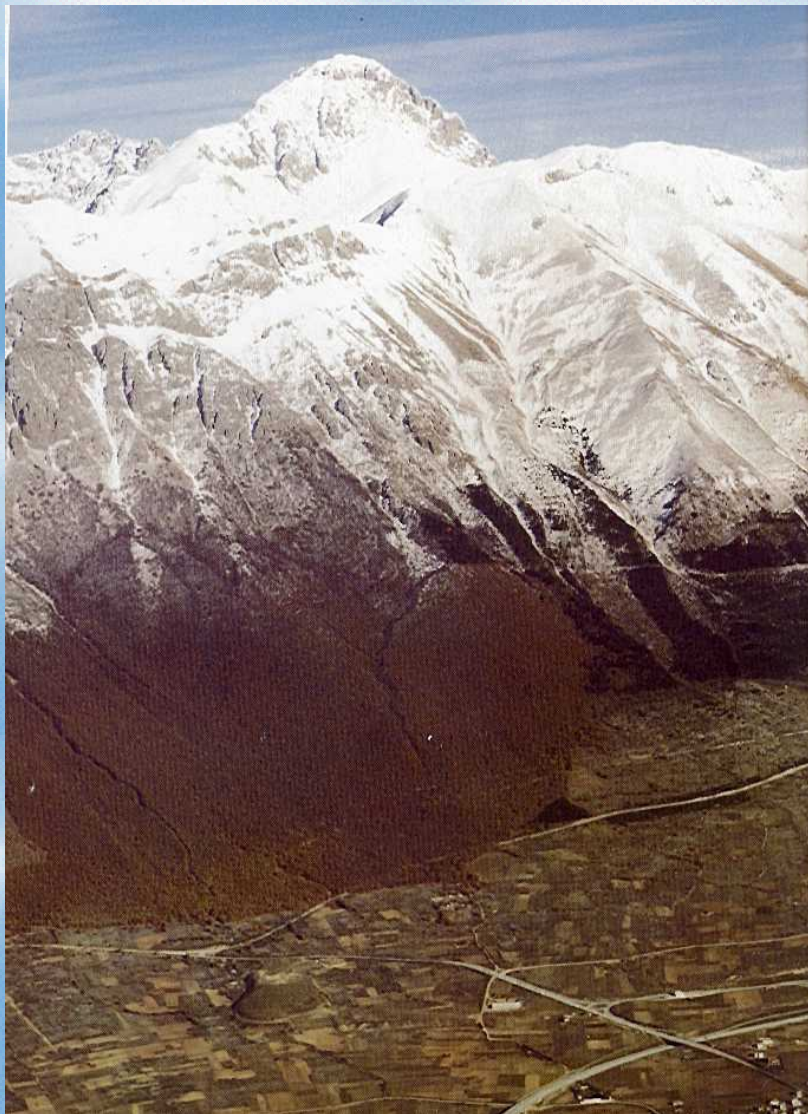
# Uno sguardo alla Star: c'e' modo e modo di vedere



- Sorgente di radiazione
- Interazione
- Rivelatore (occhio)
- Guardate la "Star" usando la radiazione visibile
- Se voleste guardare il suo interno dovrete usare una radiazione piu' penetrante (raggi X)
- Se volete guardare all'interno di una stella dovette usare la piu' penetrante delle radiazioni, i neutrini

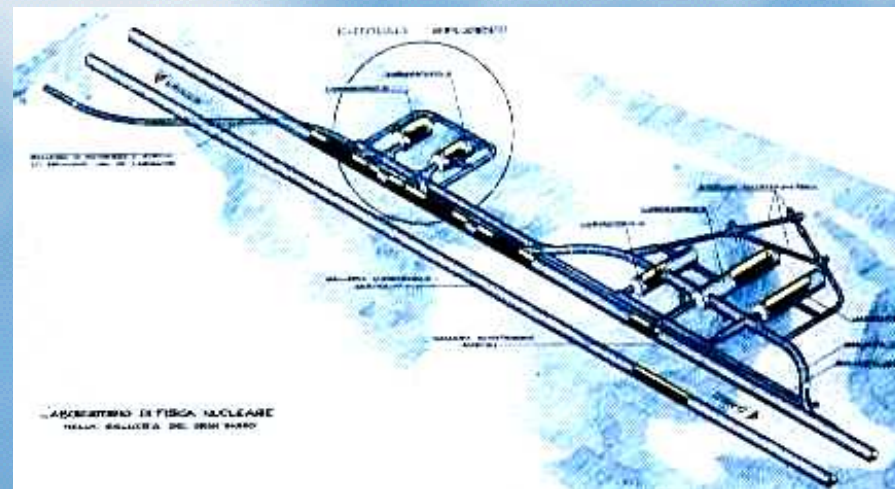


# Il Laboratorio Nazionale dell'INFN al Gran Sasso



Il laboratorio del silenzio  
cosmico

La frontiera della  
radioattività zero



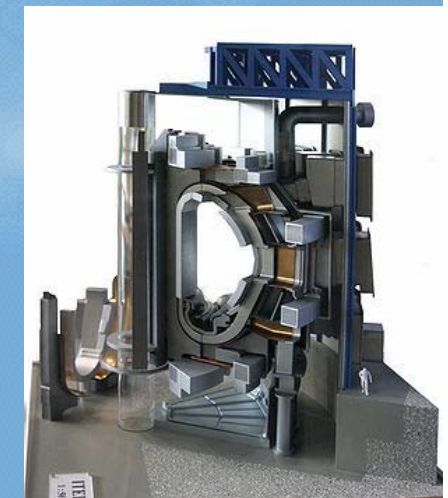
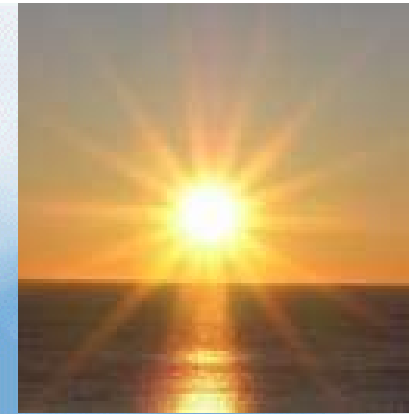
# Dal Gran Sasso al Deutschen Museum

- Gallex ha **rivelato i neutrini** provenienti dalle fusioni nucleari nel sole
- Gallex ha dimostrato che **l'energia del sole e' prodotta da reazioni di fusione nucleare** al suo interno.
- Dunque la mia auto è nucleare ....



# Fusione nucleare controllata?

- ...*Se questo e' vero, allora siamo più vicini al sogno di controllare questo potere latente, a beneficio dell'umanità o per il suo suicidio* (Eddington, 1920)
- Ivy Mike , la prima vera Bomba H, fu fatta esplodere nel 1952 nelle isole Marshall, liberando un'energia pari a 10 Megaton (mille volte superiore a quella della bomba di Hiroshima)
- Il progetto **ITER** (International Thermonuclear Experimental Reactor) si propone di realizzare un reattore a fusione nucleare in grado di produrre più energia di quanta ne consumi



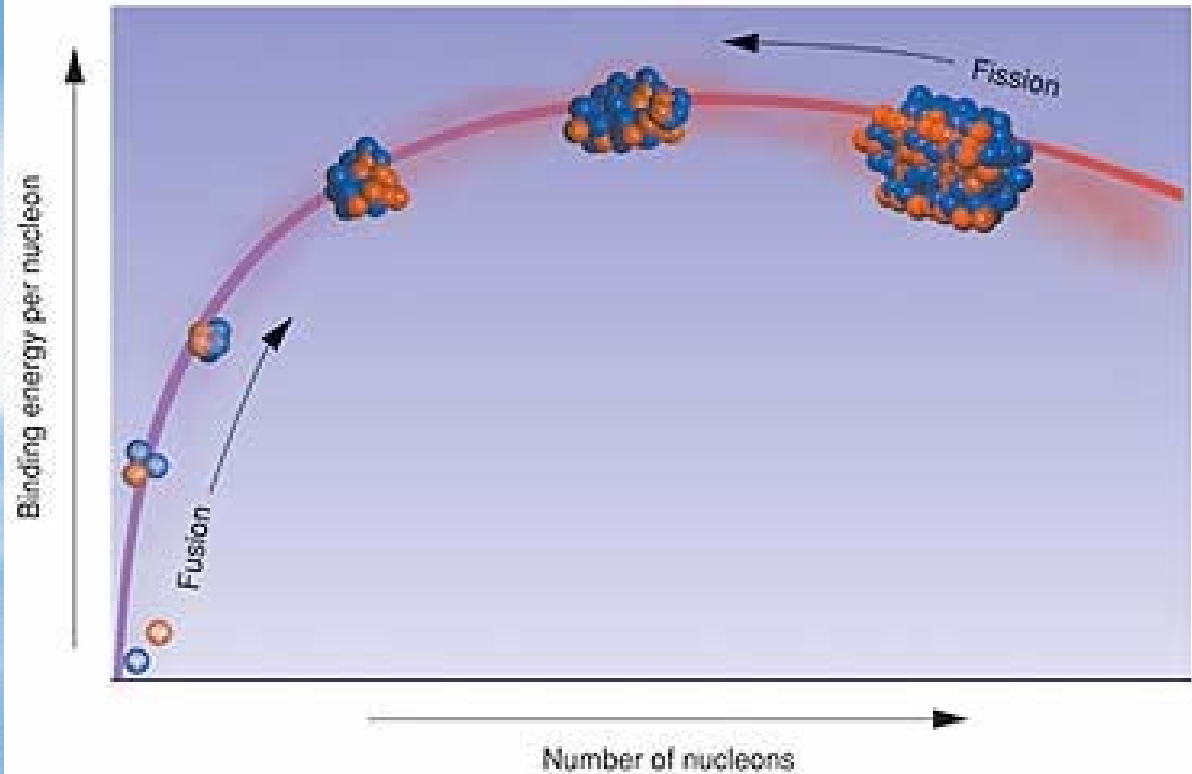
# Ricerche a PD sulla Fusione nucleare controllata?

- Nell'ambito di ITER, il Consorzio RFX, (CNR, ENEA, University of Padova, Acciaierie Venete S.p.A. e INFN) ha un ruolo importante per il Neutral Beam Injector, la cui "test facility" verrà costruita a Padova.

- Ai LNL (Legnaro) viene sviluppato un acceleratore RFQ che è il cuore della IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility)



# Fusione nucleare e fissione nucleare



- Mettendo assieme nuclei leggeri (**fusione**) si libera energia.
- Questo e' il modo con cui si sostengono le stelle
- Spaccando nuclei pesanti (**fissione**) si libera energia
- Come e' noto, rompere e' piu' facile che costruire....

# Geotermia e le disintegrazioni spontanee nella Terra



- La terra emette continuamente calore (geotermia), di norma in quantità piccole (50 MW/mq), talora in modo concentrato come nelle eruzioni vulcaniche.
- Si ritiene che la sorgente principale siano le disintegrazioni spontanee dell' Uranio, Torio e 40-Potassio presenti all'interno della terra (componente radiogenica)

# Quanto Uranio e Torio c'è nella Terra?



- Di nuovo occorre tornare sotto il Gran Sasso e ai neutrini
- Le disintegrazioni spontanee dell'U e Th producono **geoneutrini**.
- Recentemente l'esperimento Borexino al Gran Sasso ha osservato questi neutrini, aprendo una nuova strada per l'esplorazione dell'interno della Terra



# I reattori nucleare a fissione



- I reattori nucleari “accelerano” la disintegrazione dell’ Uranio, bombardandone i nuclei con neutroni
- Oggi si producono reattori di generazione 3+, certamente piu’ sicuri dei precedenti, ma ancora produttori di scorie nucleari.
- L’eliminazione di queste scorie e’ l’obiettivo dei reattori di IV generazione, adesso in fase di studio.

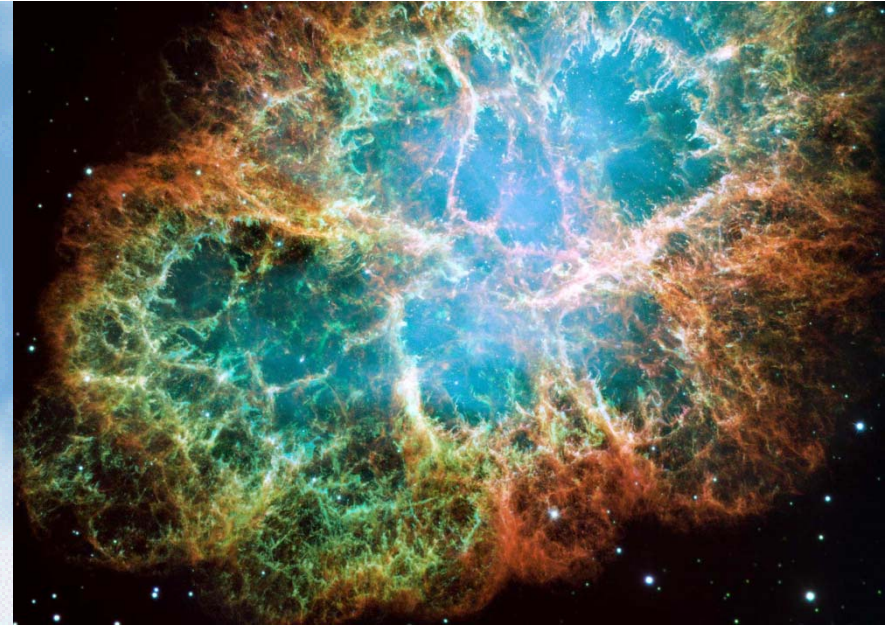
# Che si fa a Padova per lo studio della IV generazione?



- A LNL abbiamo il progetto di costruire un **simulatore**, per esaminare come i nuovi reattori bruceranno le scorie.
- Non tocca a me dire se il Paese deve/non deve dotarsi di reattori nucleari,
- Sono convinto che è essenziale avere nel paese competenze, e queste si acquisiscono solo con la ricerca.

\*Pilotare un 747 su un simulatore è diverso che averlo in giardino 18

# Da dove viene il combustibile nucleare?



- Oltre il Ferro, la stella non puo' piu' sostenersi :collassa su se stessa e quindi esplose ( **supernova** da collasso)
- Nel collasso vengono prodotti gli elementi piu' pesanti del Ferro, (fra cui **U** e **Th**) a spese dell'energia gravitazionale.
- L'esplosione insemmina questi elementi nel gas interstellare, da cui poi nasceranno stelle e pianeti.
- La sorgente dell' Uranio, Torio e 40-Potassio che troviamo sulla Terra' e' l'eredita' lasciataci da stelle in fase di morte<sup>19</sup>

# L'XI comandamento

- I dieci comandamenti sono un codice di comportamento
- I primi regolano il rapporto con l'Autorita', gli altri i rapporti fra gli Uomini.
- Non c'è nulla che fissi il rapporto fra uomo e natura, forse perché quando sono stati scritti non ce ne era bisogno;
- Oggi non è più così.
- L'energia, e quel che ne segue, è un dono della natura; è nostro dovere garantire quello che è un diritto delle generazioni future:

**XI: NON SPRECCARE**

The background of the slide is a photograph of a bright blue sky filled with soft, white, fluffy clouds. The clouds are scattered across the frame, with some appearing more prominent than others. The overall tone is bright and airy.

Grazie!