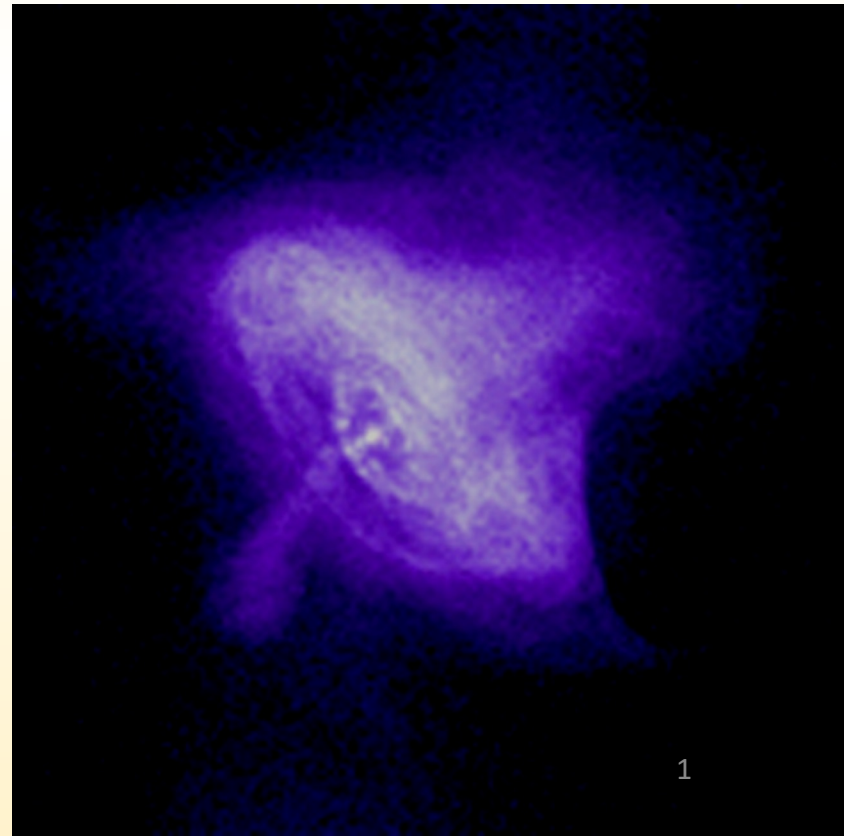
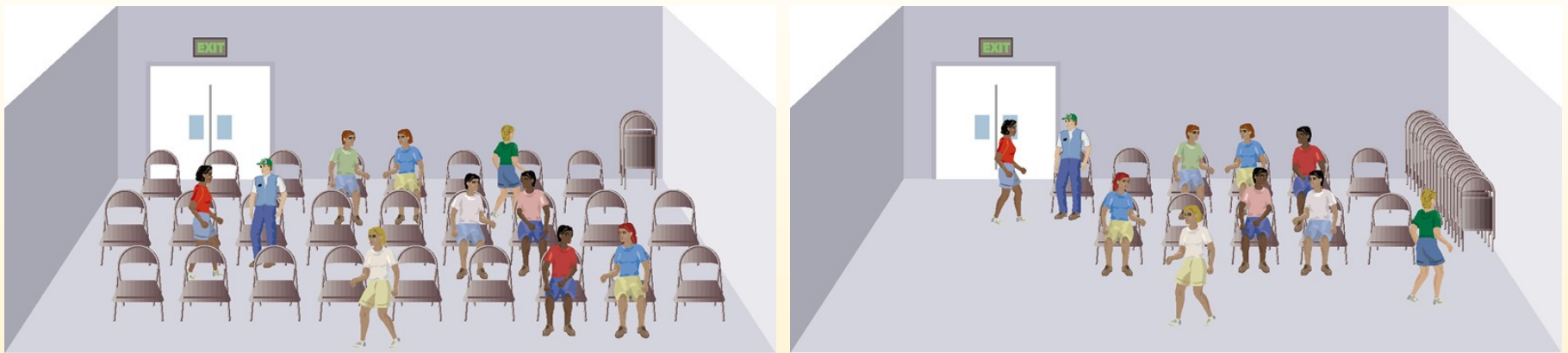


# 59 - El cementerio estelar exótico - Enanas Blancas



# La presión de degeneración

Dos partículas no pueden ocupar el mismo espacio con la misma cantidad de movimiento (energía). Para las materias sólidas muy densas, los electrones no pueden estar en su estado fundamental, se convierten en más enérgicos - acercándose a la velocidad de la luz - los electrones juegan a un juego de sillas. La presión hasta que se balancea la estrella ya no depende de la temperatura.



# Objetos Degenerados

En el núcleo restante de una estrella muerta...

- presión de degeneración apoya la estrella contra el colapso de gravedad. Una estrella puede tener degeneración con el apoyo de:
- presión de degeneración de los electrones - se llama una **enana blanca**
- la presión de degeneración de neutrones - se llama **estrella de neutrones**
- Si el núcleo remanente es tan masivo que la fuerza de gravedad es mayor que la presión de degeneración de neutrones ...la estrella se derrumba de la existencia y se llama un **agujero negro**

# Restos de núcleo degenerado

- La estrella central de una nebulosa planetaria se calienta a medida que se derrumba.
- La estrella no tiene una masa suficiente para calentarse lo suficiente para fusionar carbono.
- La gravedad es finalmente detenida por la fuerza de la presión de degeneración de los electrones. La estrella es ahora estable ... .. Una **enana blanca**

# White Dwarfs (Enanas Blancas, WD)

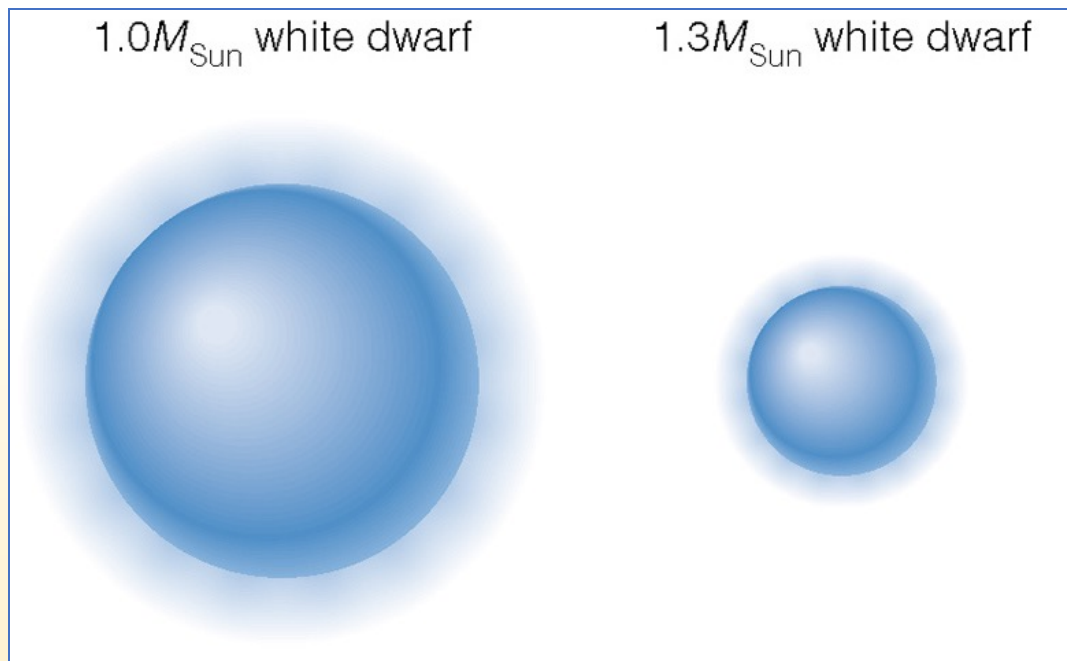
- Son estables ...
- gravedad vs presión de degeneración de electrones
- No generan energía.
- Pasarán por el diagrama HR, irradian su calor y poco a poco se ponen más fríos y más débiles
- Son muy densos: tienen 0,5 a 1,4  $M_{\text{sun}}$  en una esfera del tamaño de la Tierra!

Sirio B es la enana blanca más cercana a nosotros



*Sirius A + B* en rayos X

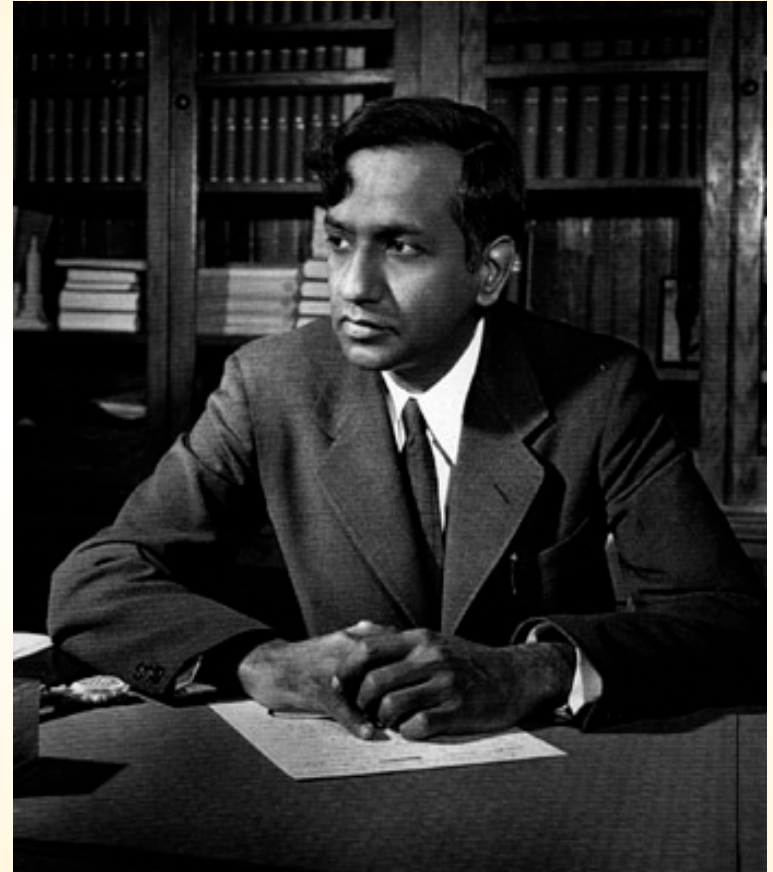
- Materia degenerada obedece a leyes diferentes de la física.
- Una estrella más masiva se convierte en una enana blanca más pequeña.
- Un aumento en la gravedad hace que la WD es más densa.
- Una densidad mayor aumenta la presión de degeneración que equilibra la gravedad.



# Limitación de la masa de WD

Chandrasekhar formuló las leyes de la materia degenerada. Por esto ganó el Premio Nobel de Física.

También predijo que la gravedad supera la presión de degeneración electrónica si una enana blanca tiene una masa superior a  $1,4 M_{\text{sun}}$ , porque electrones de alta energía, que causan esta presión, alcanzan la velocidad de la luz. Este límite se llama:



Subrahmanyan Chandrasekhar  
(1910-1995)

**Chandrasekhar Limit** (limite de Chandrasekhar)



Si una enana blanca se encuentra en un sistema binario cercano:

- La WD “accretes” materia de su compañera
- La materia forma un disco alrededor de la WD
- fricción en el disco de acreción se calienta
- emite luz visible, ultravioleta y rayos-X
- si la materia cae en la WD, fusión de H comienza
- La WD es temporalmente más brillante.

→ vemos una **Nova**

# Novae

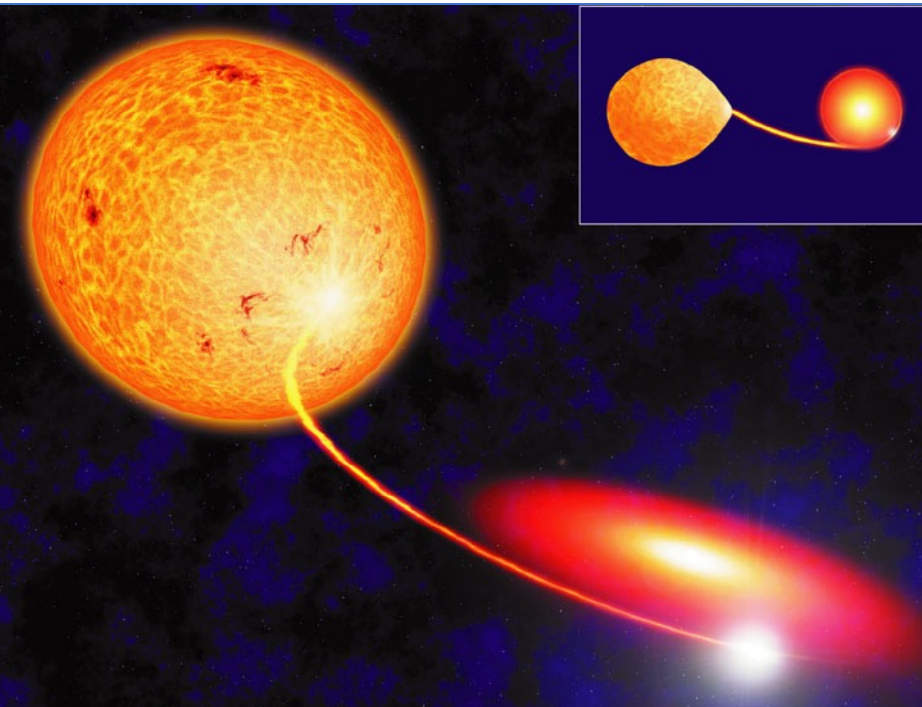
La palabra proviene del latín Stella Nova (estrella nueva).

Los griegos y romanos antiguos la definieron como una estrella que apareció de repente!

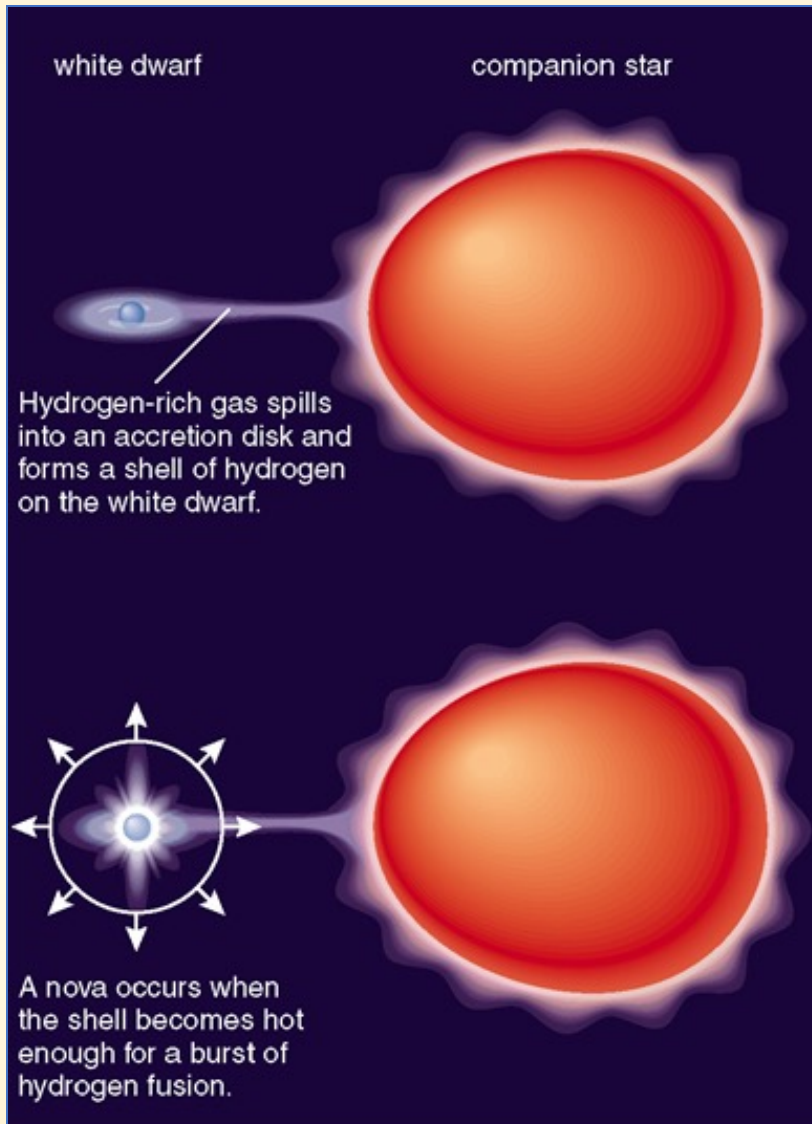
En realidad, la estrella no es nueva, solo se hace mucho más brillante en pocos días.

Como no tenían telescopios, estas estrellas son normalmente demasiado débiles para ser vistas - de ahí que aparecen de repente.

- Por lo general aumenta su brillo desde 5 hasta 10 magnitudes por unos días, luego se desvanecen.
- Algunas aumentan hasta 20 magnitudes y duran semanas, luego se desvanecen lentamente. Llamamos éstas **supernovas**.

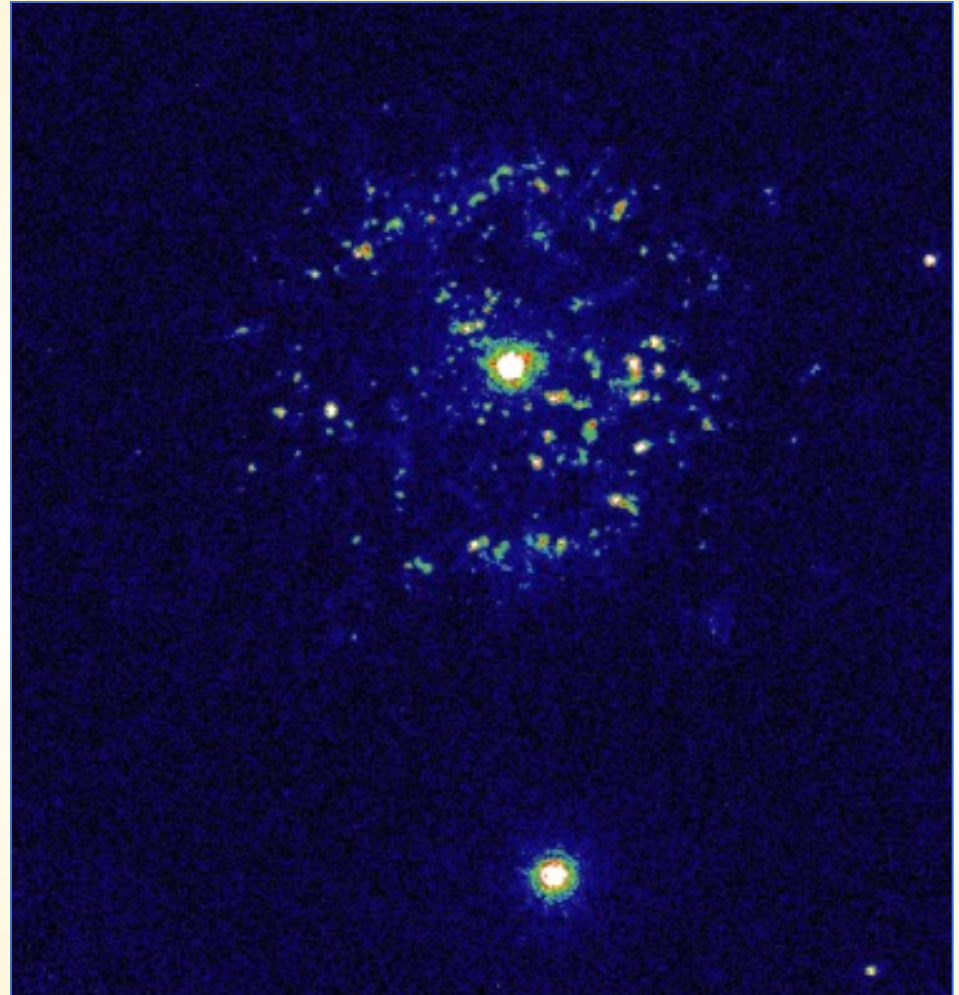


- Un **disco de acreción (accretion disc)** es un disco giratorio de gas que orbita una estrella.
- Formada por materia que cae en la estrella.
- La acumulación de hidrógeno en la superficie de la enana blanca puede encenderse en una reacción de fusión explosiva que se descarga de una capa de gas.



- A pesar de que esta capa contiene una pequeña cantidad de masa ( $0,0001M_{\text{sun}}$ ), puede causar que la enana blanca ilumine unos 10 magnitudes más (10.000 veces) en unos pocos días.

- Debido a que la masa perdida es tan poca durante una nova, la explosión no perturba el sistema binario.
- Hidrógeno puede caer a la WD una vez más y también la ignición del hidrógeno puede reaparecer de nuevo con períodos que van de meses a miles de años.



Nova *T Pyxidis*  
Hubble Space Telescope

# White Dwarf Supernovae

## (supernovae de las enanas blancas)

- Si la acumulación trae la masa de una enana blanca por encima del límite de Chandrasekhar, la degeneración de electrones ya no puede apoyar a la estrella.
- La enana blanca colapsa.
- El colapso eleva la temperatura interna y la fusión de carbono fuera de control comienza, lo que conduce finalmente a una explosión de la estrella.
- Tal explosión de una enana blanca se llama una **supernova enana blanca**.

- Mientras que una nova puede alcanzar una magnitud absoluta de -8 (alrededor de 100 mil soles)
- Una supernova enana blanca alcanza una magnitud absoluta de -19 (10 mil millones de Soles).
- Ya que todos llegan a la misma luminosidad máxima, WD supernovas son buenos indicadores de distancia
- Son más luminosas que las estrellas variables Cefeidas.
- Por eso pueden ser utilizadas para medir distancias mayores que las variables Cefeidas.
- Hay dos tipos de supernovas:
  - **enana blanca**: no hay líneas prominentes de hidrógeno visibles, se cree que WD son el origen
  - **estrellas masivas**: contienen líneas prominentes de hidrógeno, son el resultado de la explosión de una estrella solitaria.



# Supernova Light Curves

curvas de la luminosidad de supernovas

