



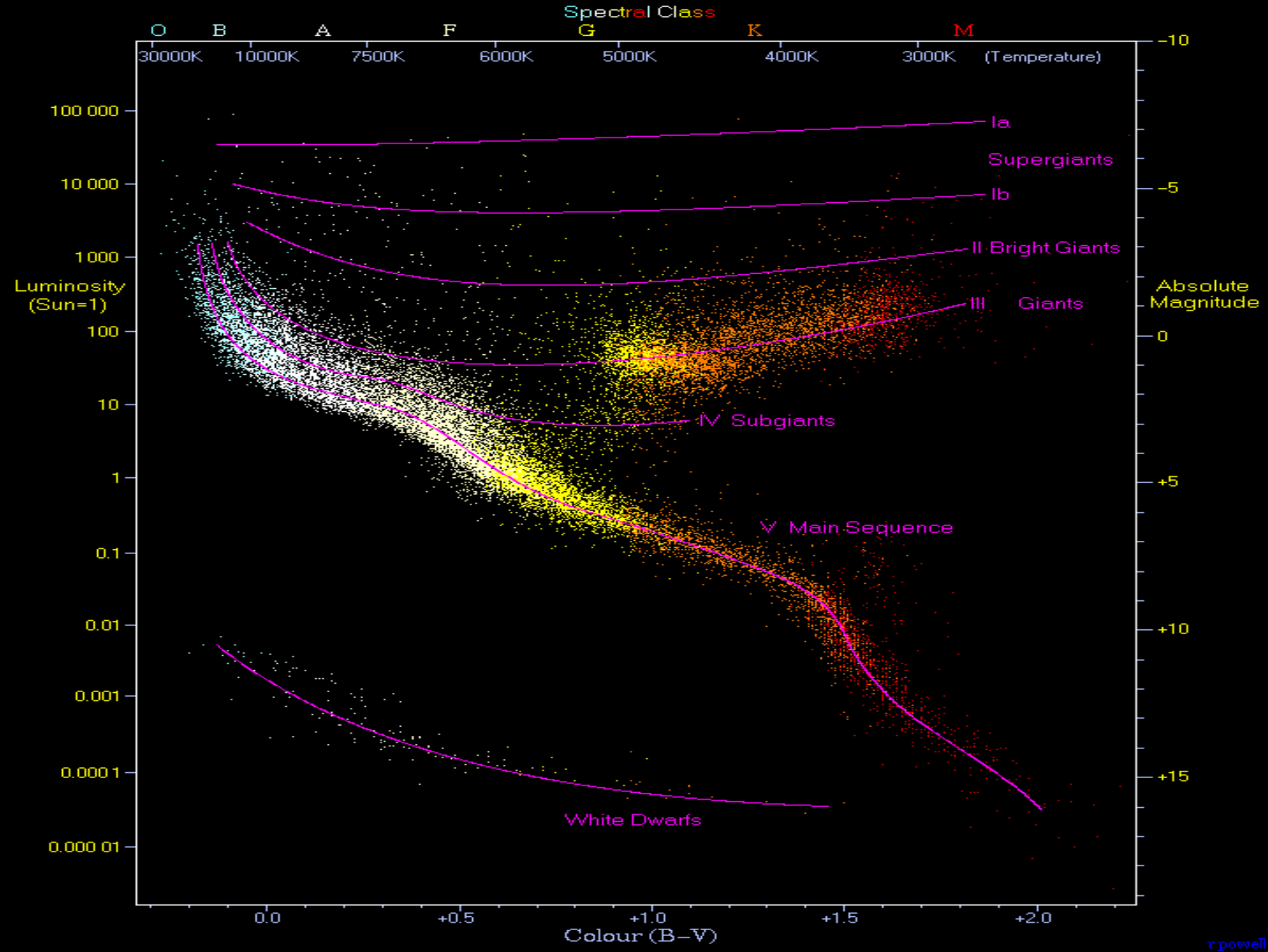
1) Estrellas de baja masa y masa intermedia
($0.8 \text{ Mo} < m < 8 \text{ Mo}$)

2) Estrellas de alta masa ($8 \text{ Mo} < m$)

a) $8 \text{ Mo} < m < 25 \text{ Mo}$

b) $25 \text{ Mo} < m < \dots$

Estrellas con $M >$
 $25 M_{\odot}$





0

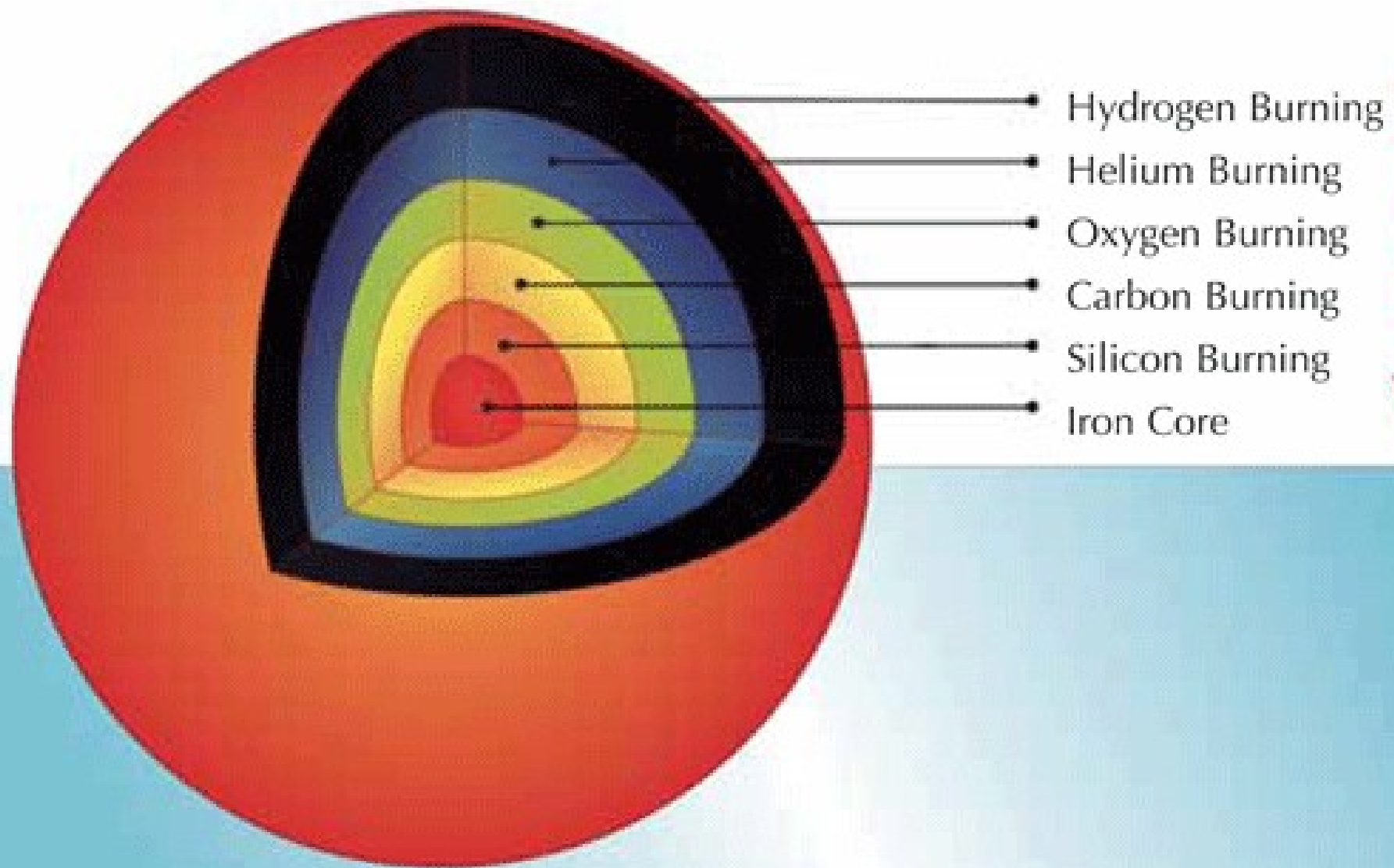


Combustión del Carbono

Carbon burning

M_{initial} $M_{\odot}$	T 10^8 K	ρ 10^5 g cm^{-3}	M $M_{\odot}$	L $10^3 L_{\odot}$	R $R_{\odot}$	τ kyr
13	8.15	3.13	11.4	60.6	665	2.82
15	8.34	2.39	12.6	83.3	803	2.03
20	8.70	1.70	14.7	143	1070	0.976
25	8.41	1.29	12.5	245	1390	0.522
75	8.68	1.39	6.37	164	0.644	1.07
75 ^c	10.4	0.745	74.0	1550	714	0.027

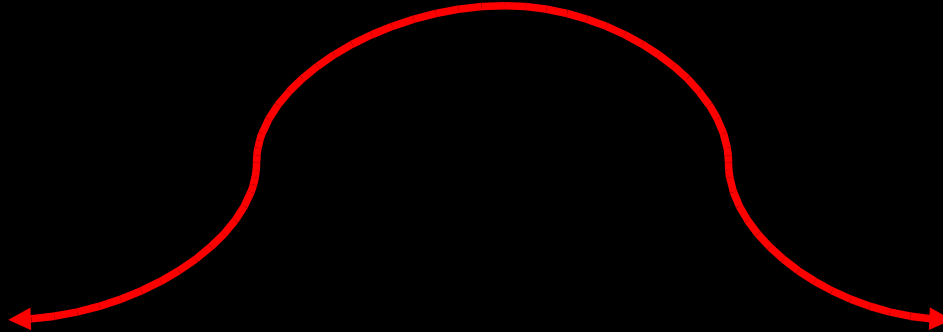
Neon burning						
M_{initial} $M_{\odot}$	T 10^9 K	ρ 10^6 g cm $^{-3}$	M $M_{\odot}$	L $10^3 L_{\odot}$	R $R_{\odot}$	τ yr
13	1.69	10.8	11.4	64.4	690	0.341
15	1.63	7.24	12.6	86.5	821	0.732
20	1.57	3.10	14.7	147	1090	0.599
25	1.57	3.05	12.5	246	1400	0.891
75	1.62	5.21	6.36	167	0.715	0.569
75 ^c	1.57	0.434	74.0	1560	716	0.026
Oxygen burning						
M_{initial} $M_{\odot}$	T 10^9 K	ρ 10^6 g cm $^{-3}$	M $M_{\odot}$	L $10^3 L_{\odot}$	R $R_{\odot}$	τ yr
13	1.89	8.19	11.4	64.5	691	4.77
15	1.94	6.66	12.6	86.6	821	2.58
20	1.98	5.55	14.7	147	1090	1.25
25	2.00	3.60	12.5	246	1400	0.402
75	2.04	4.70	6.36	172	0.756	0.908
75 ^c	2.39	1.07	74.0	1550	716	0.010
Silicon burning						
M_{initial} $M_{\odot}$	T 10^9 K	ρ 10^7 g cm $^{-3}$	M $M_{\odot}$	L $10^3 L_{\odot}$	R $R_{\odot}$	τ d
13	3.28	4.83	11.4	64.5	692	17.8
15	3.34	4.26	12.6	86.5	821	18.3
20	3.34	4.26	14.7	147	1090	11.5
25	3.65	3.01	12.5	246	1400	0.733
75	3.55	3.73	6.36	173	0.755	2.09
75 ^c	3.82	1.18	74.0	1540	716	0.209



Estrellas supergigantes

Exlosiones de
supernova

Colapso
gravitatorio



Límite de Chandrasekhar (enanas blancas)

1,4 $M_{\odot}$

(Masa inicial $0,8 M_{\odot} < m < 8 M_{\odot}$)

Límite de Oppenheimer-Volkov (estrellas de neutrones)

3 $M_{\odot}$

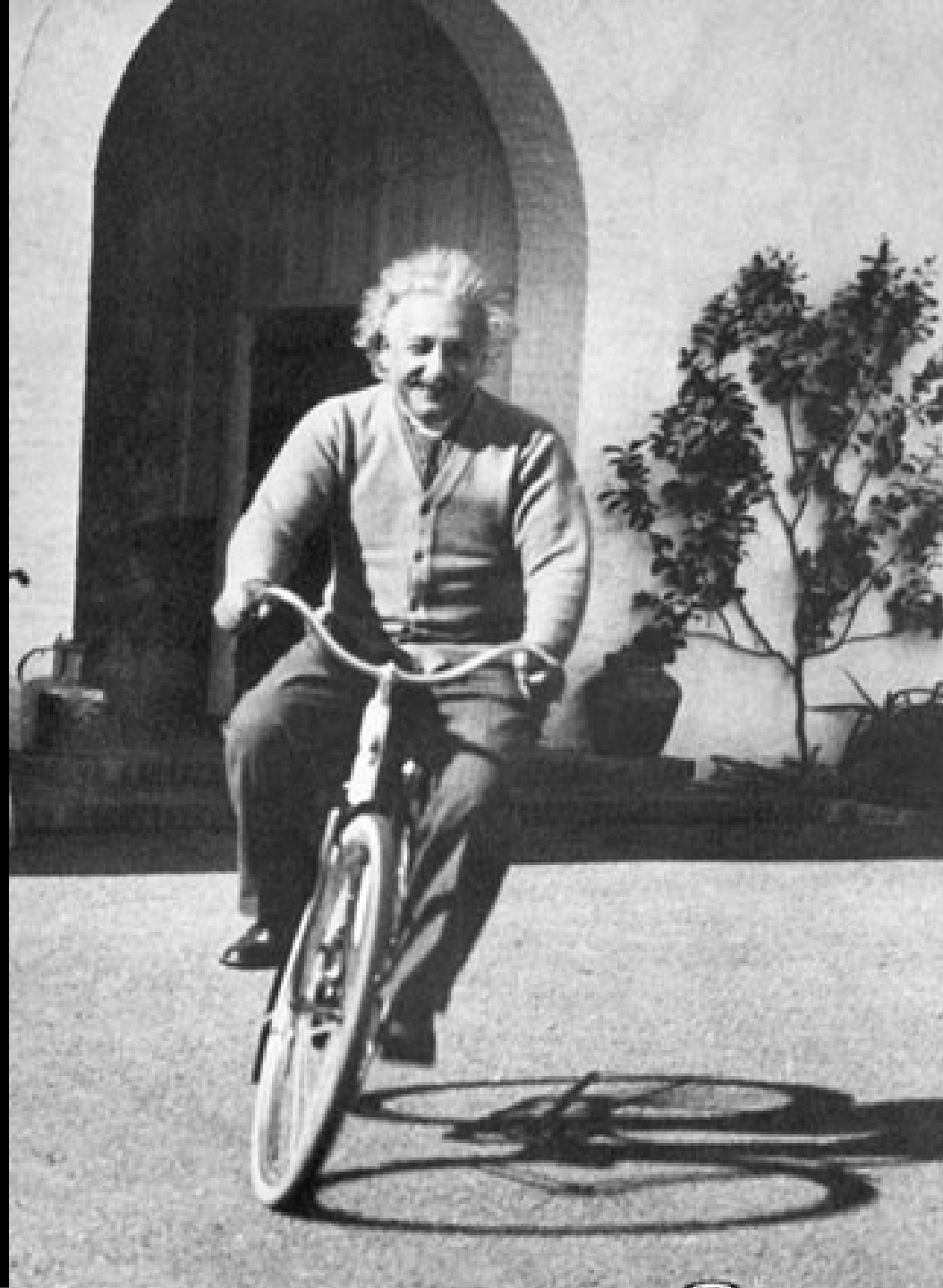
(masa inicial $8 M_{\odot} < m < 25 M_{\odot}$)

¿Qué frena el colapso si $25 M_{\odot} < m$?

NADA



AGUJERO NEGRO



La **Relatividad Especial**, formulada por **Albert Einstein** en **1905**, postula que la velocidad de la luz en el vacío es la misma en todos los sistemas inerciales, y que las leyes físicas tienen igual forma en todos ellos.

Recordemos que un **sistema de referencia inercial** es aquel que está en reposo o se mueve a velocidad constante respecto de un objeto sobre el cual no se aplican fuerzas, y que un sistema de referencia que se mueve a velocidad constante con respecto a otro sistema de referencia inercial, también es inercial.

Poniendo estos postulados en simbolismo matemático, se obtienen varios resultados importantes: **las dimensiones de los objetos variarán según la velocidad relativa que estos tengan respecto a un observador y el tiempo dejará de ser absoluto**. Esto nos hace erradicar la idea de un espacio y un tiempo separado de éste, para dar lugar a un nuevo concepto, el de **espacio-tiempo**.

Como punto importante a destacar, la Teoría de la Relatividad Especial indica que la masa de un objeto se incrementa si este se mueve cada vez más rápido.

Cuando un objeto masivo se mueva a la velocidad de la luz, su masa total se vuelve infinita. Es decir, para que un objeto con una dada masa adquiriera la velocidad de la luz, se le debe importar una cantidad de energía infinita. Es por esto, que ningún objeto masivo puede viajar más rápido que la luz en el vacío.

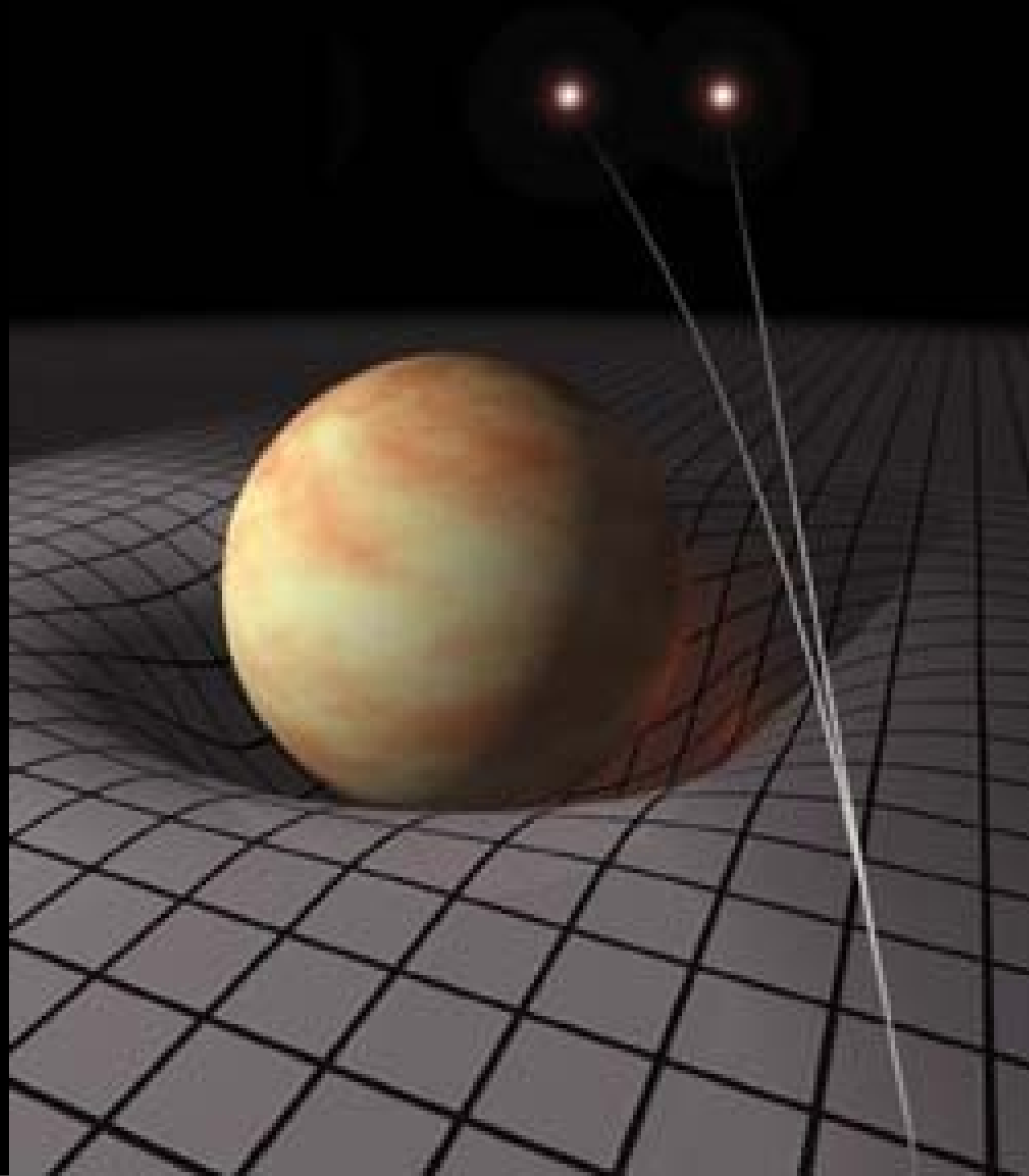
$$E=mc^2$$

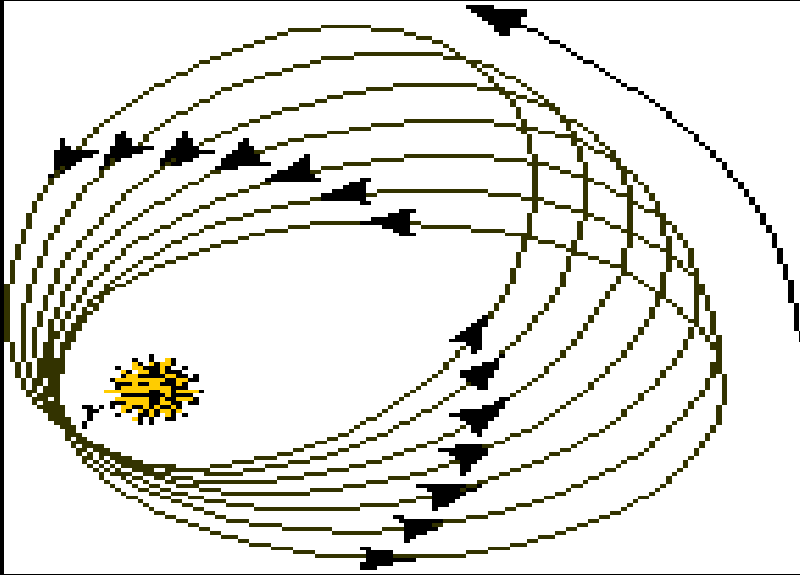
La **Teoría de la Relatividad General** describe cómo la masa de un objeto deforma o “**curva**” al espacio-tiempo.

Esta curvatura provoca que todo lo que pasa cerca de estos objetos masivos sufra la deformación del espacio-tiempo en el que se mueve y se desvíe de su trayectoria original.

Incluso la luz se desvía al pasar cerca de un objeto muy masivo, como se da en el caso de las estrellas, y más aún de las galaxias. Este fenómeno se conoce como

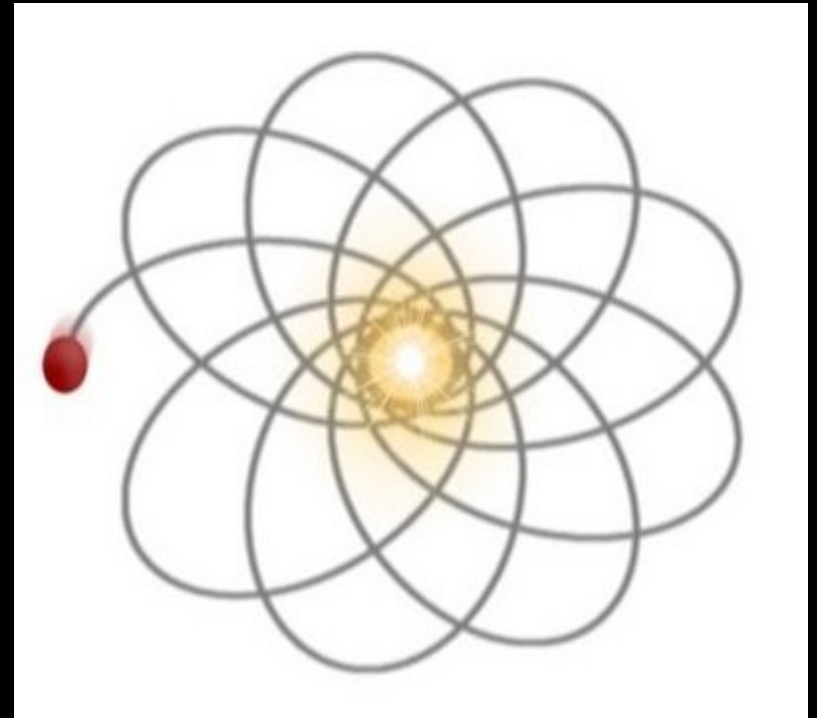
lentes gravitacionales.

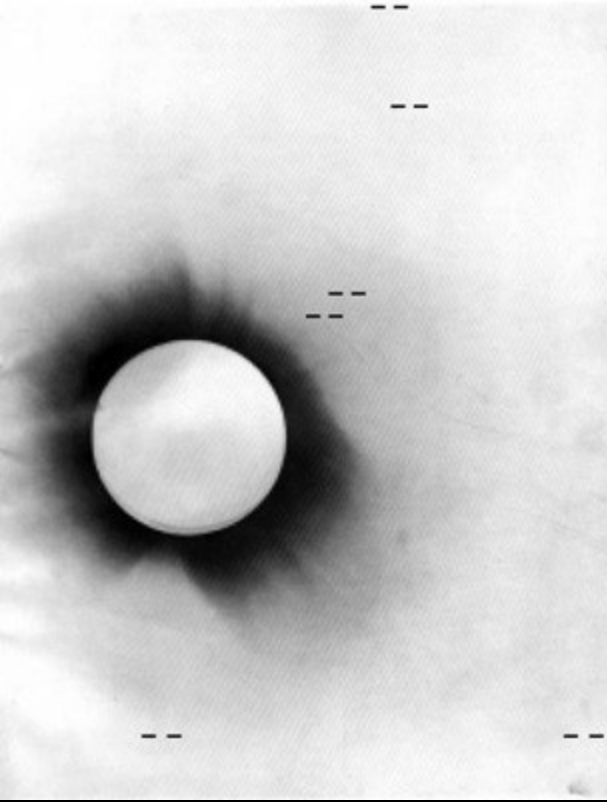




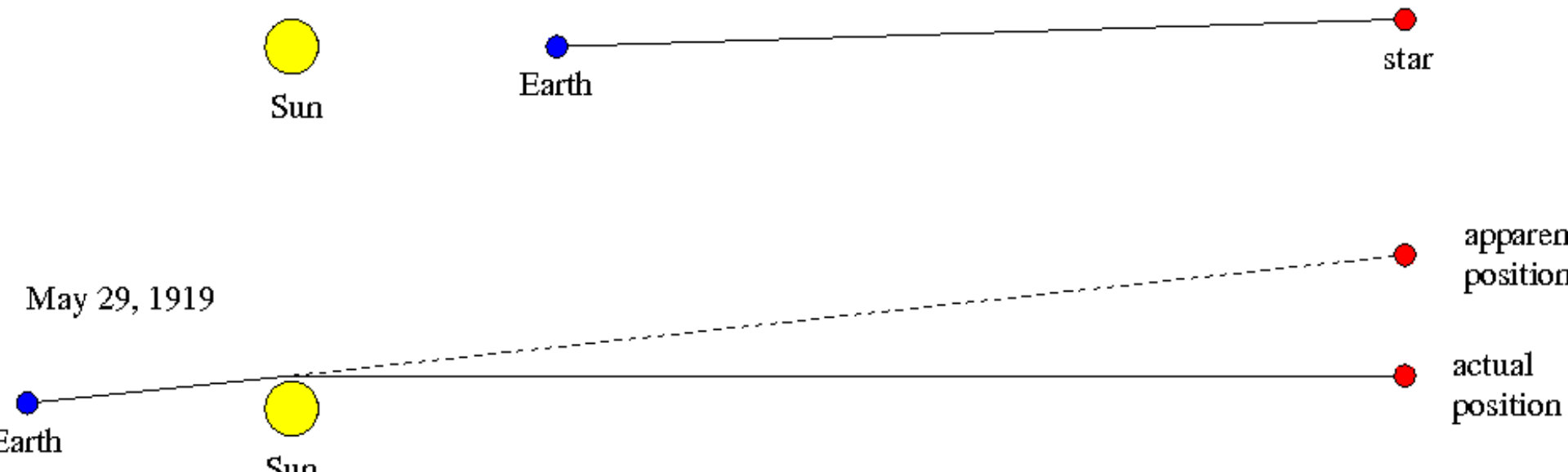
Precesión
del perihelio
de Mercurio

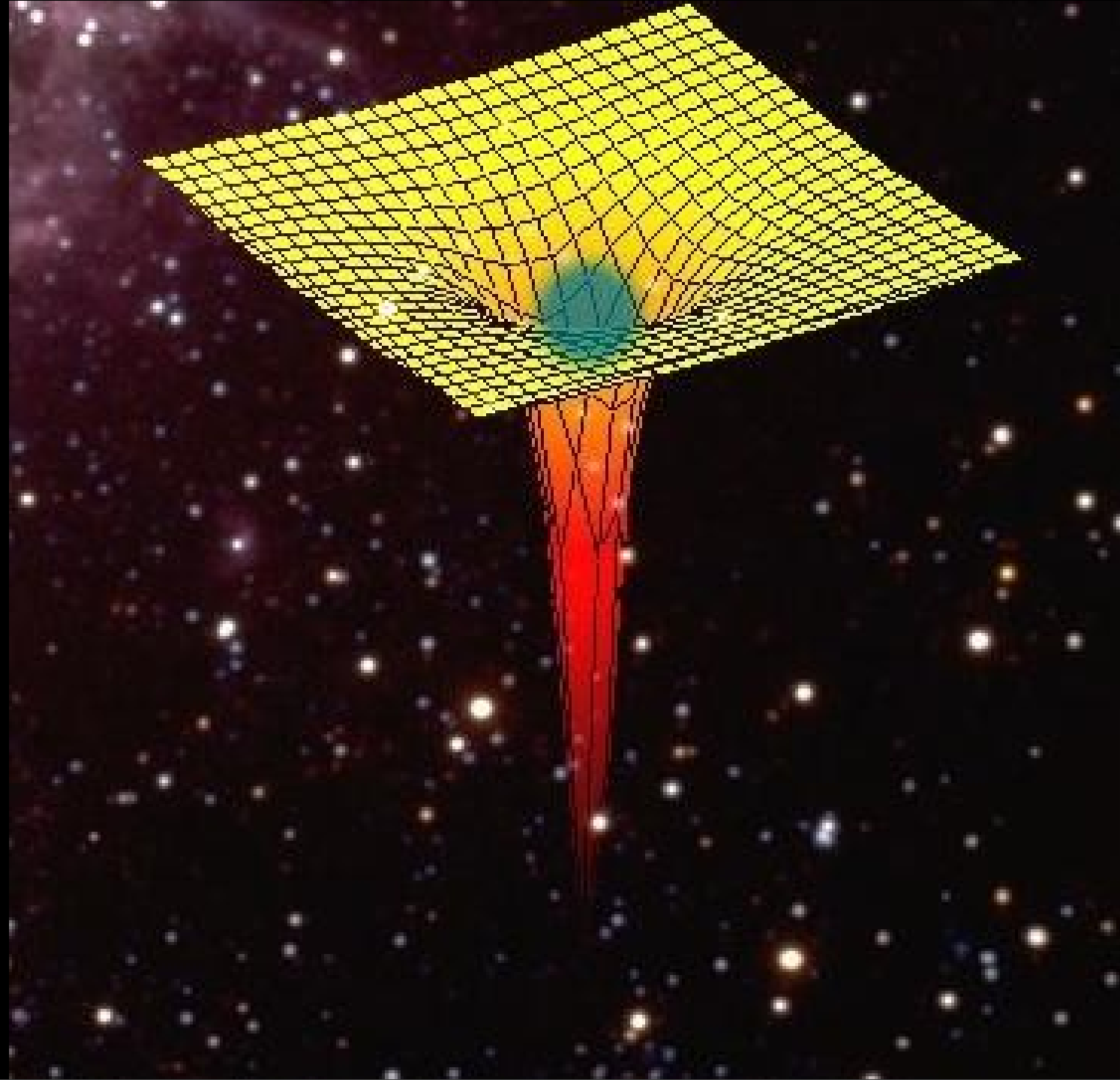
43 "/siglo





Eclipse total de Sol (29 de mayo de 1919)



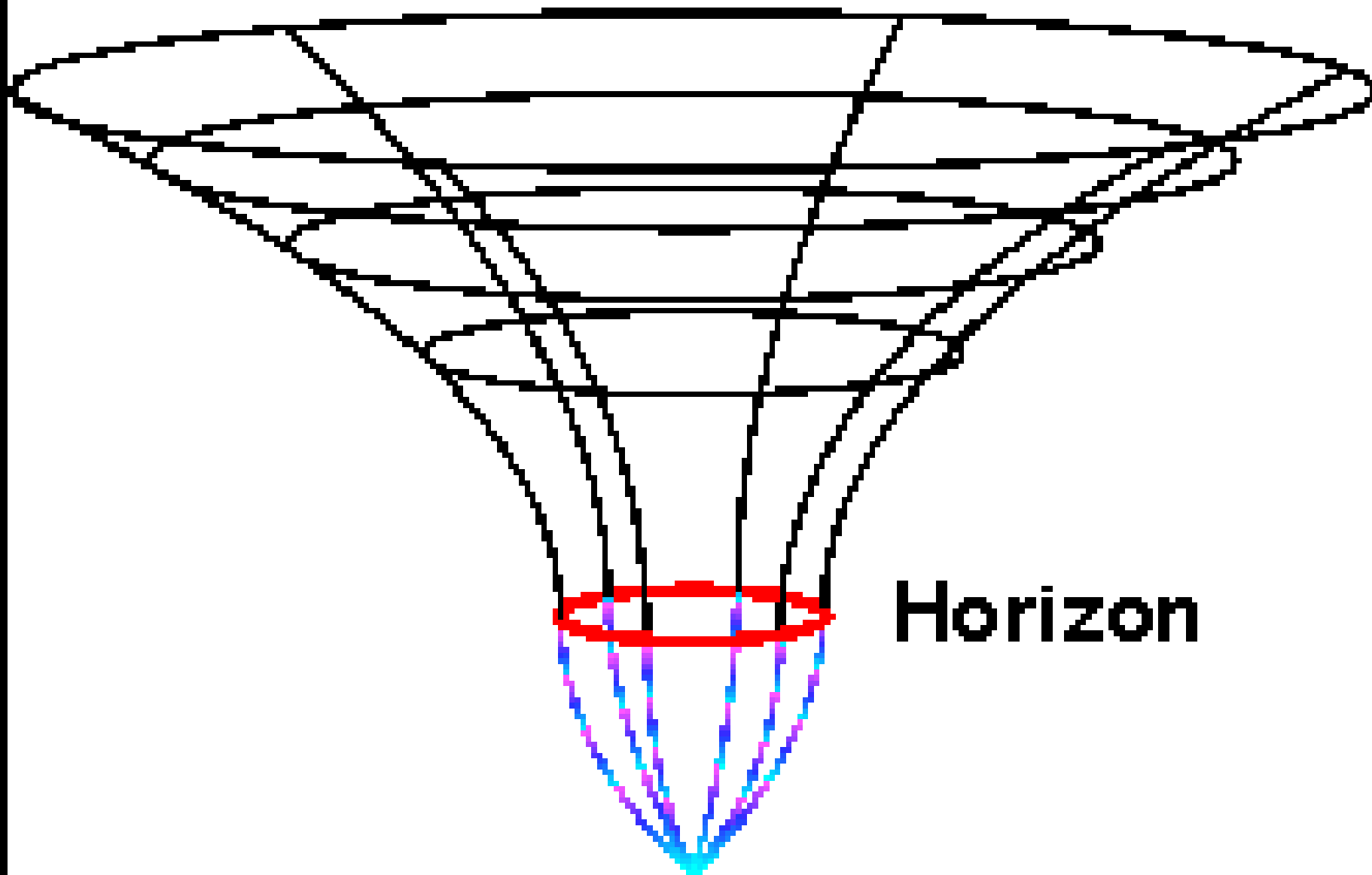


Cuando la estructura de la estrella colapsa al no poder soportar la gran cantidad de materia, se genera un objeto extremadamente masivo y denso:
un **agujero negro**.

La deformación que provoca a su alrededor es tal, que una vez cruzado cierto límite espacio-temporal, no hay forma de retornar y escapar de su acción gravitatoria.

Este límite es conocido como **horizonte de eventos**, después del cual se desconoce completamente qué sucede, pues ninguna información nos llega desde allí.

No debemos imaginarnos el horizonte de eventos como la superficie de una esfera, sino como un límite en el espacio-tiempo después del cual desconocemos completamente lo que sucede.

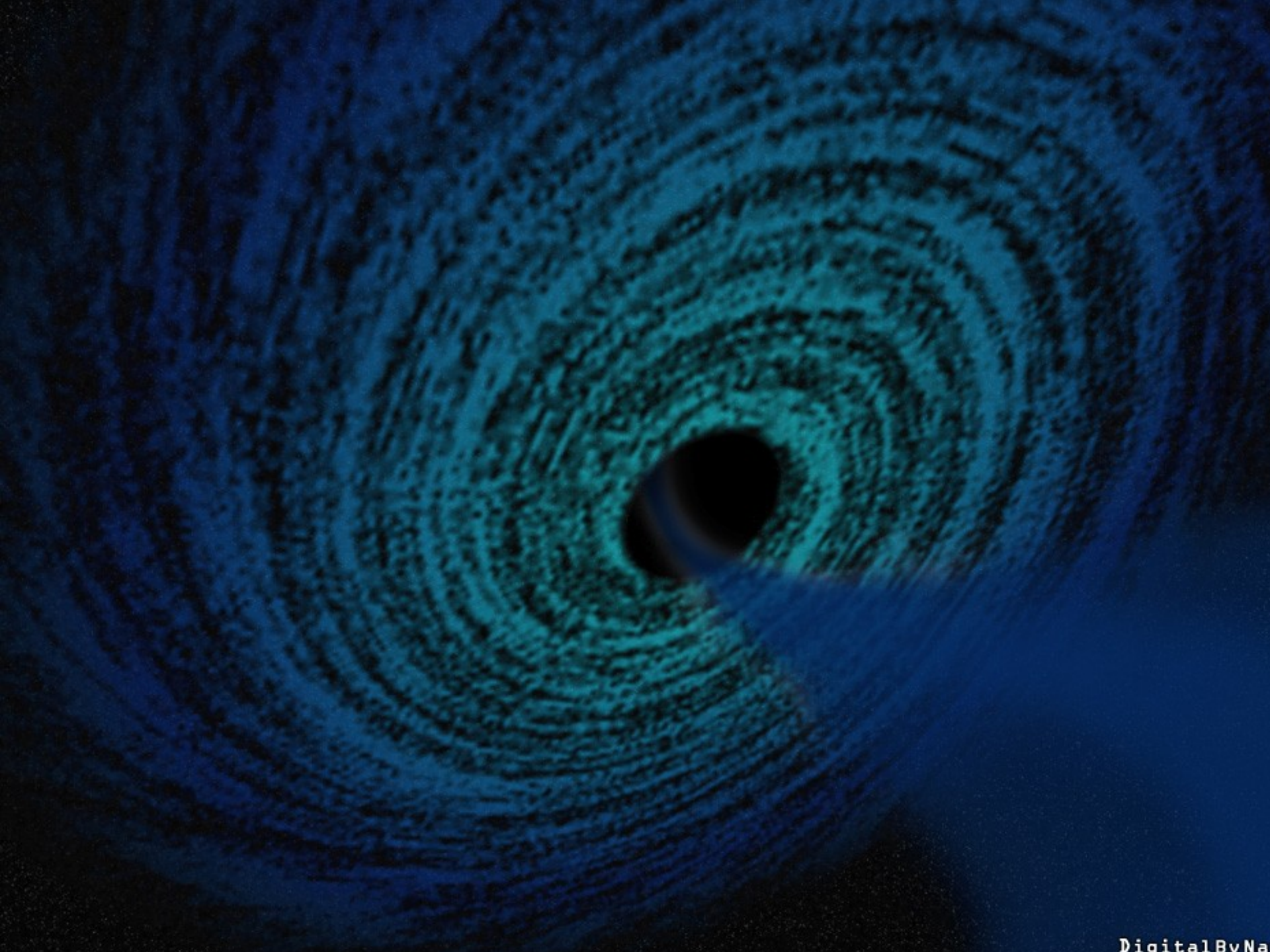


Horizon

Singularity

Ni luz ni materia pueden volver a salir del horizonte de eventos una vez que lo han cruzado. Esto hace que, por supuesto, no podamos mirar dentro de un agujero negro. La información que tenemos de ellos es la que nos brinda la teoría de la relatividad general y las observaciones de la materia que se encuentra muy cerca de ellos.

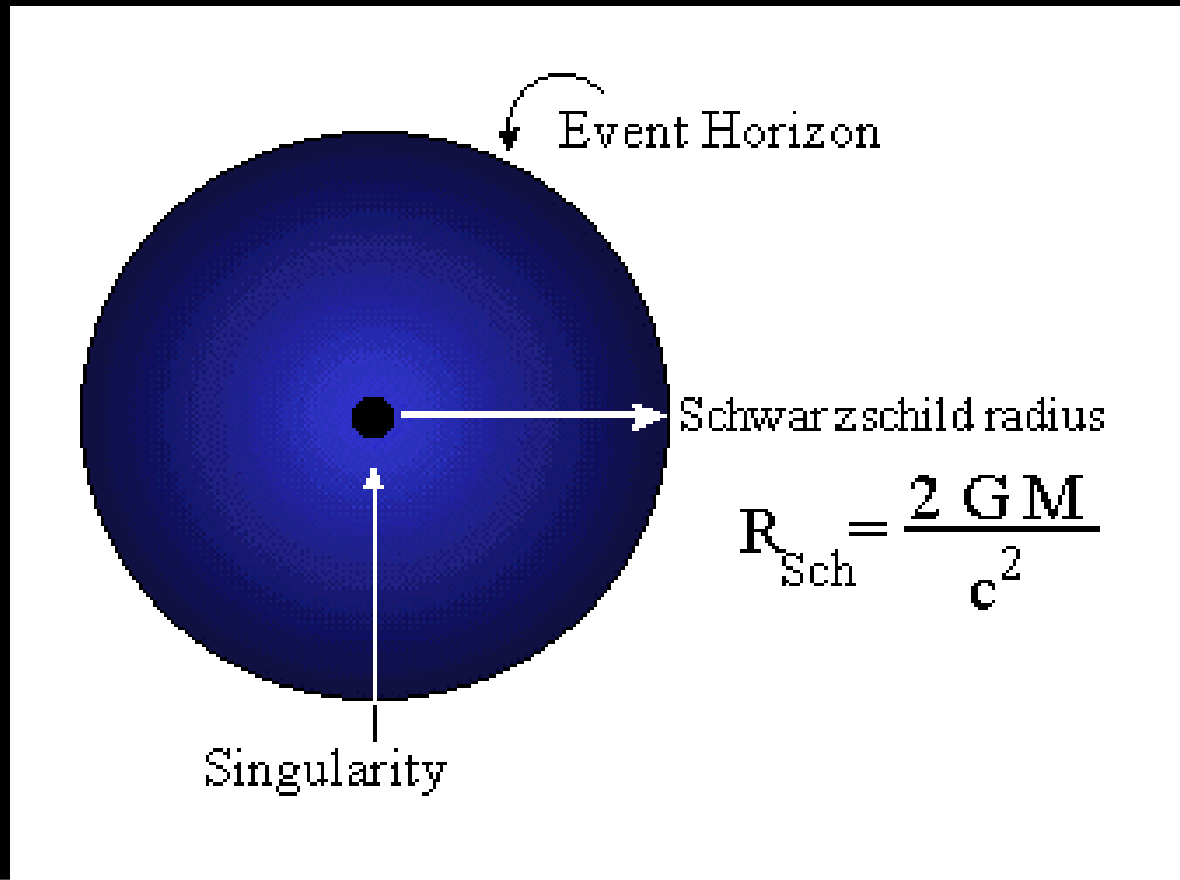
Los más estudiados son los que componen **sistemas binarios**.



Agujero negro de Schwarzschild

$$J=0 \quad \text{y} \quad Q=0$$

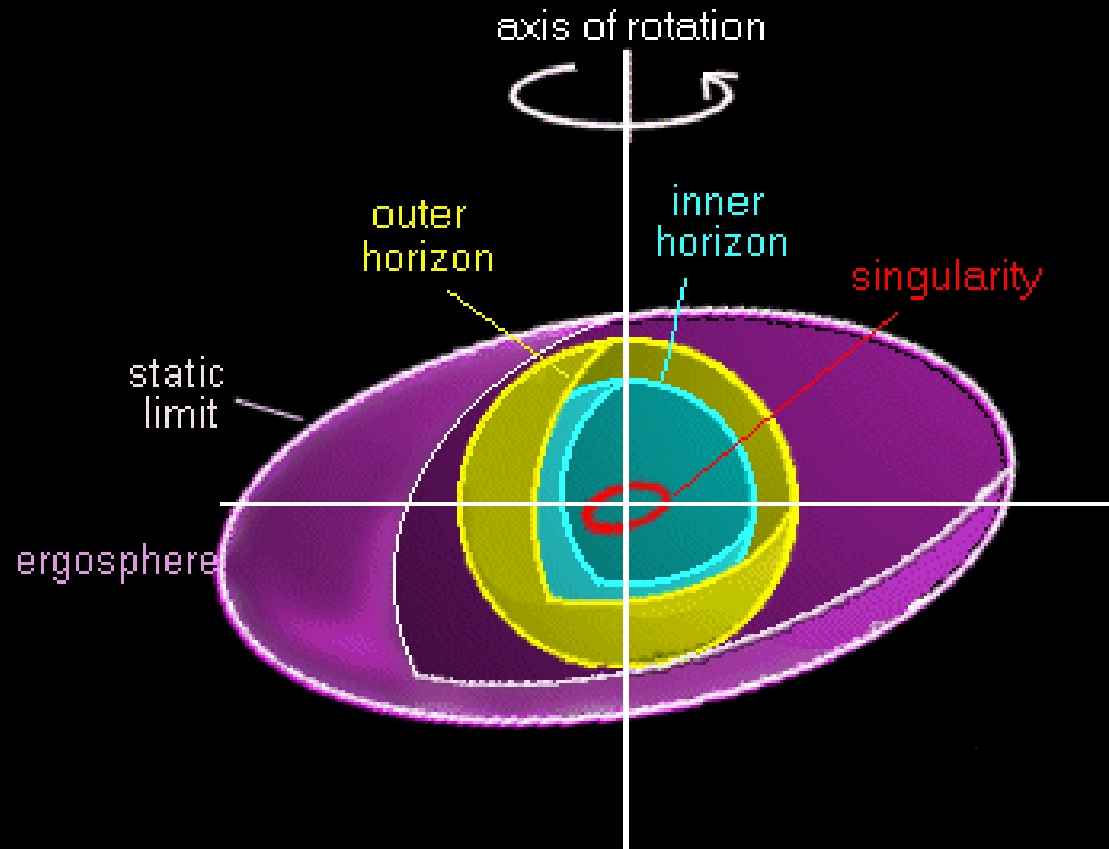
la teoría de la relatividad predice una **singularidad** en su centro (una singularidad es un punto en donde la densidad se vuelve infinita).



Agujeros negros de Kerr

$$J \neq 0 \quad \text{y} \quad Q = 0$$

Su singularidad colapsa en un anillo y están rodeados por una región llamada **ergosfera**, que se encuentra inmediatamente afuera del horizonte de eventos.

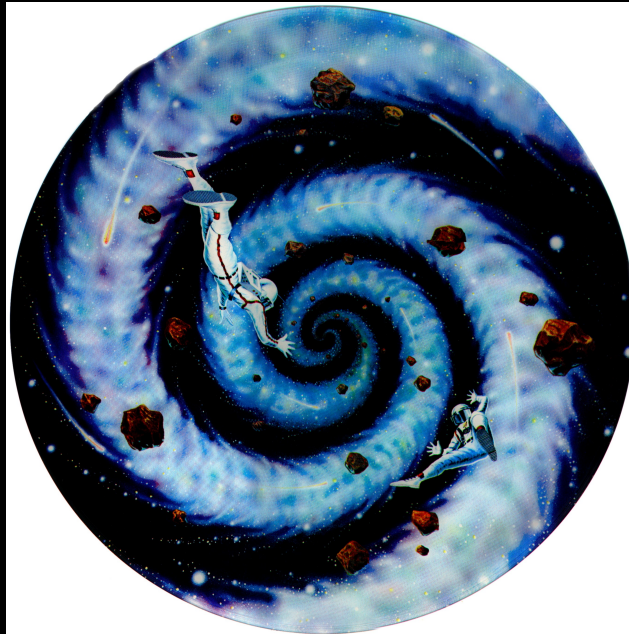


Agujero negro de Reisser-Nordstrom

$$J = 0 \quad \text{y} \quad Q \neq 0$$

Agujero negro de Kerr-Newman

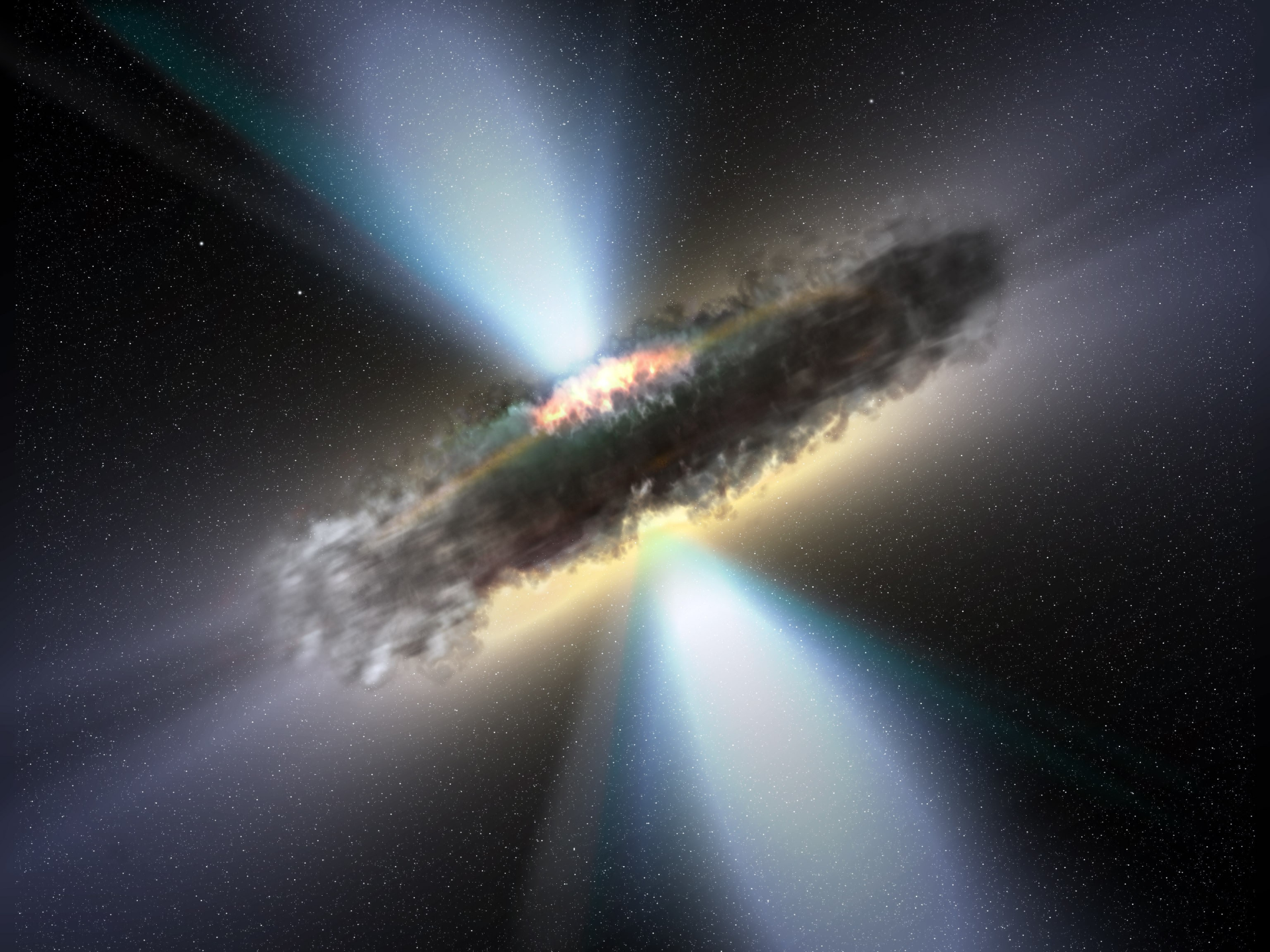
$$J = 0 \quad \text{y} \quad Q \neq 0$$

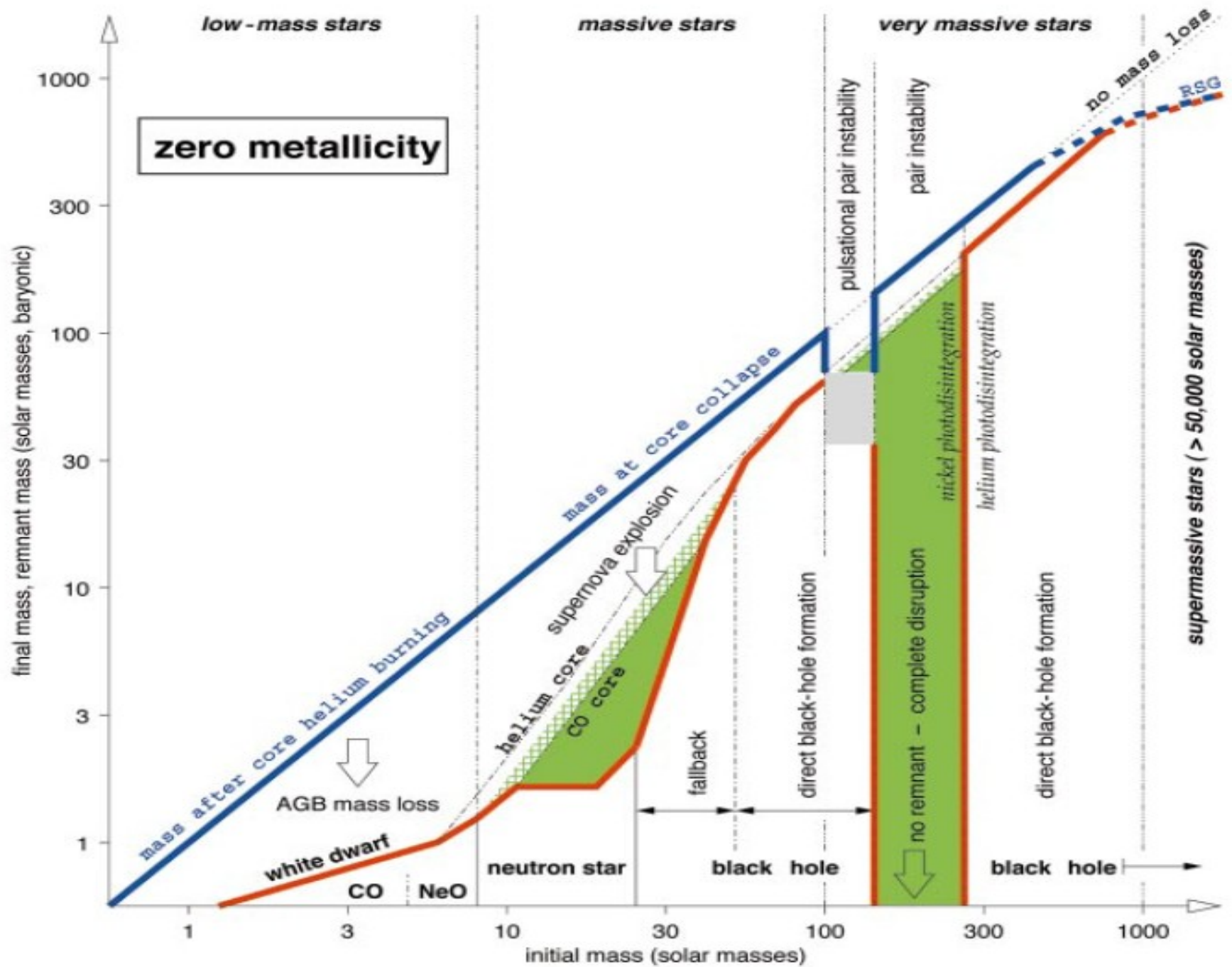


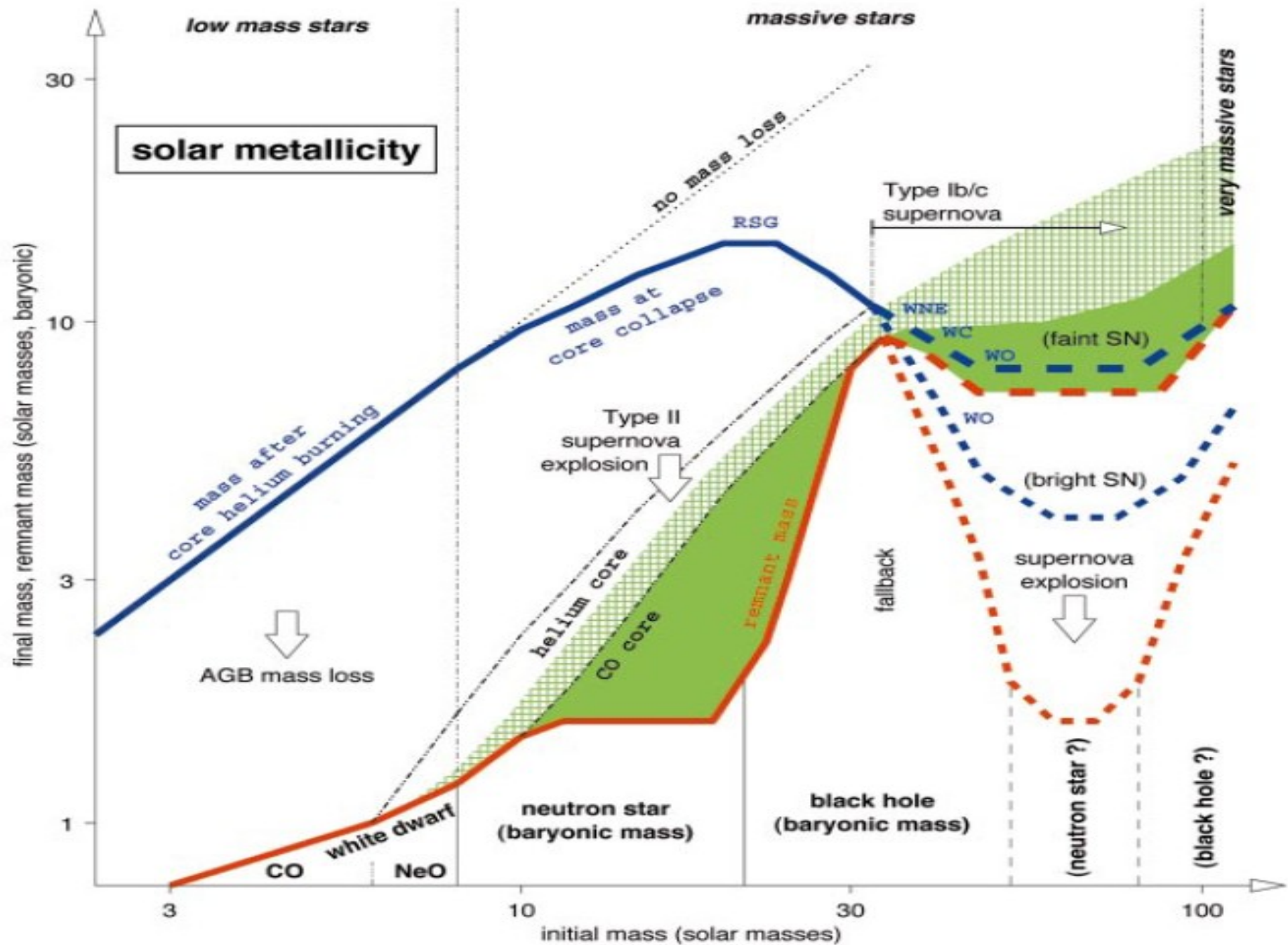


Agujeros negros en centros galácticos





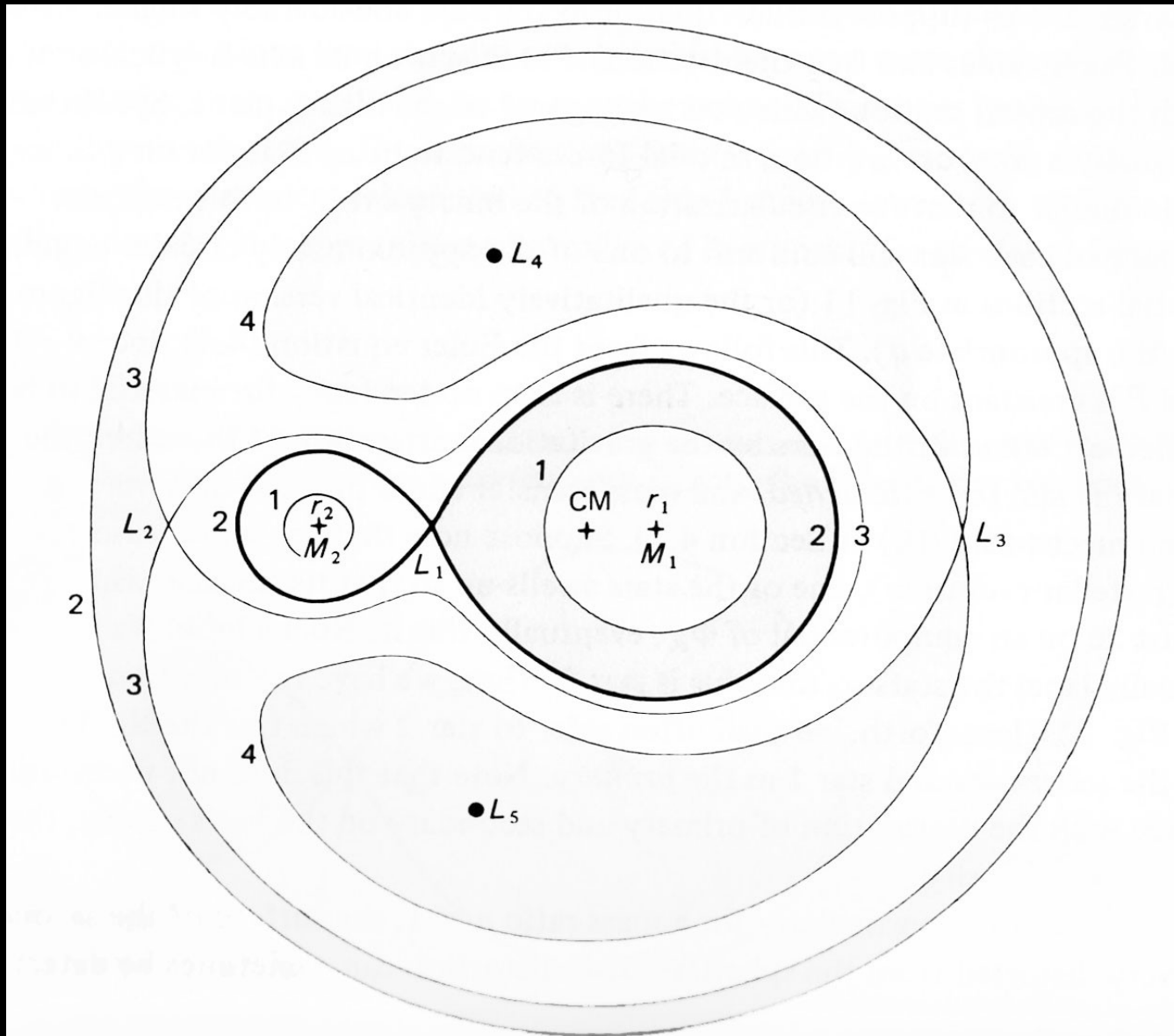


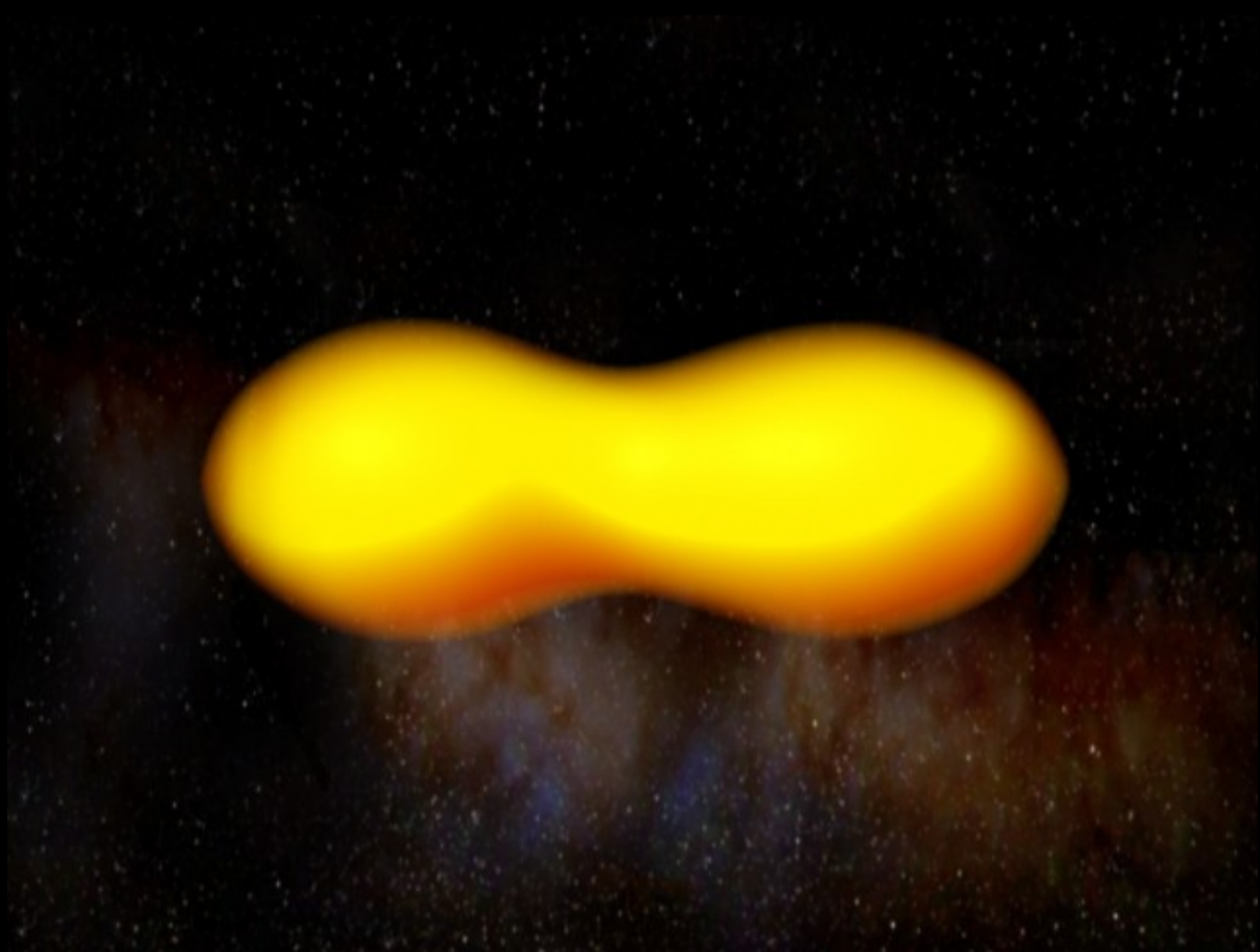




Sistemas Binarios

Lóbulos de Rochè



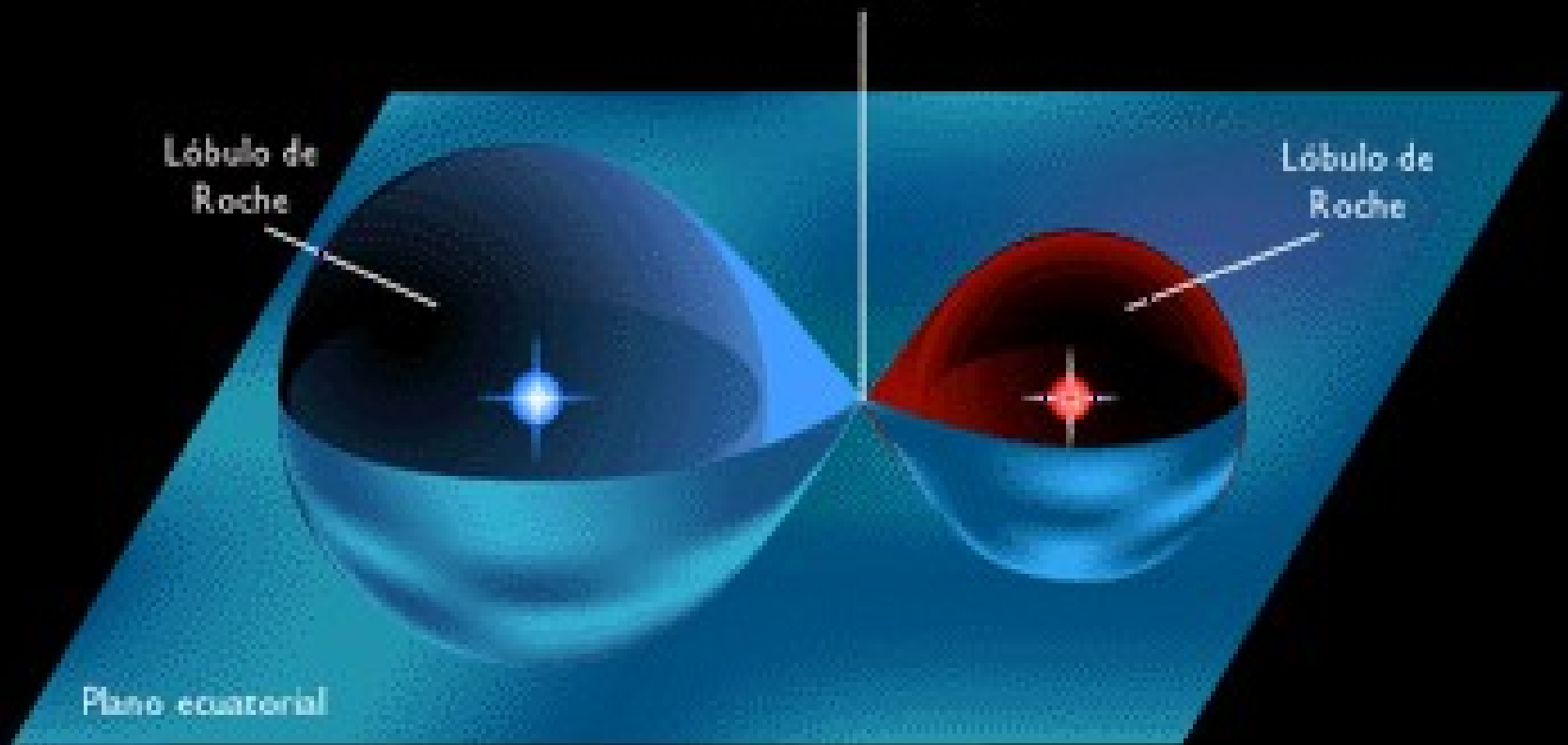


Punto de Lagrange

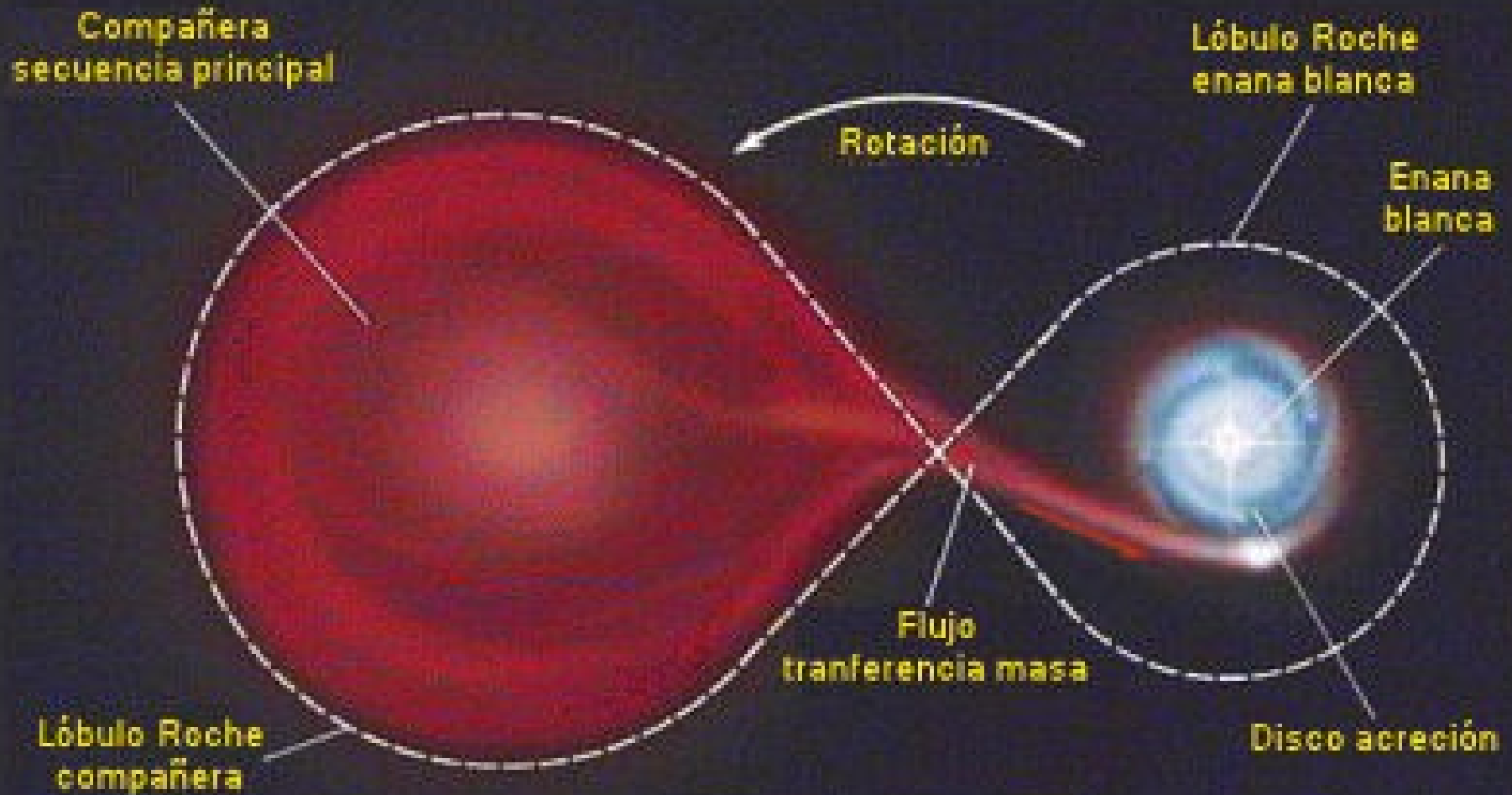
Lóbulo de
Roche

Lóbulo de
Roche

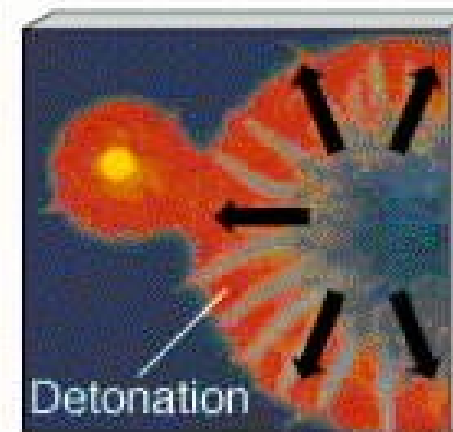
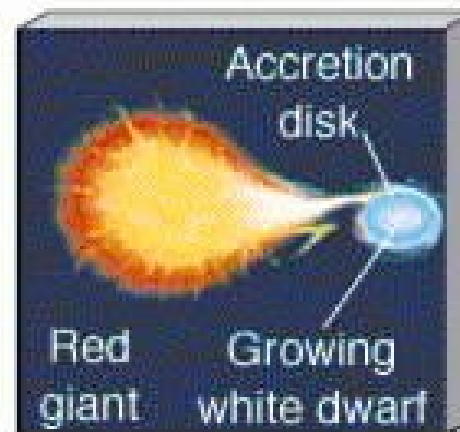
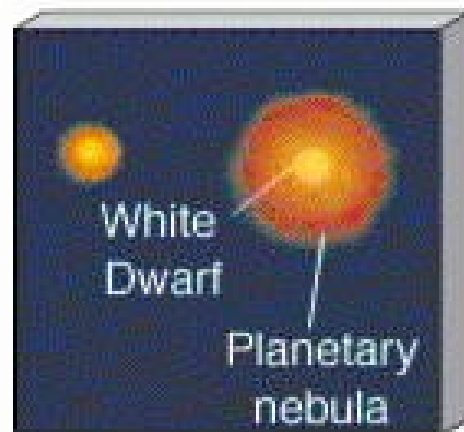
Plano ecuatorial



Sistemas binarios compuestos por una enana blanca



Supernovas tipo I



Novas



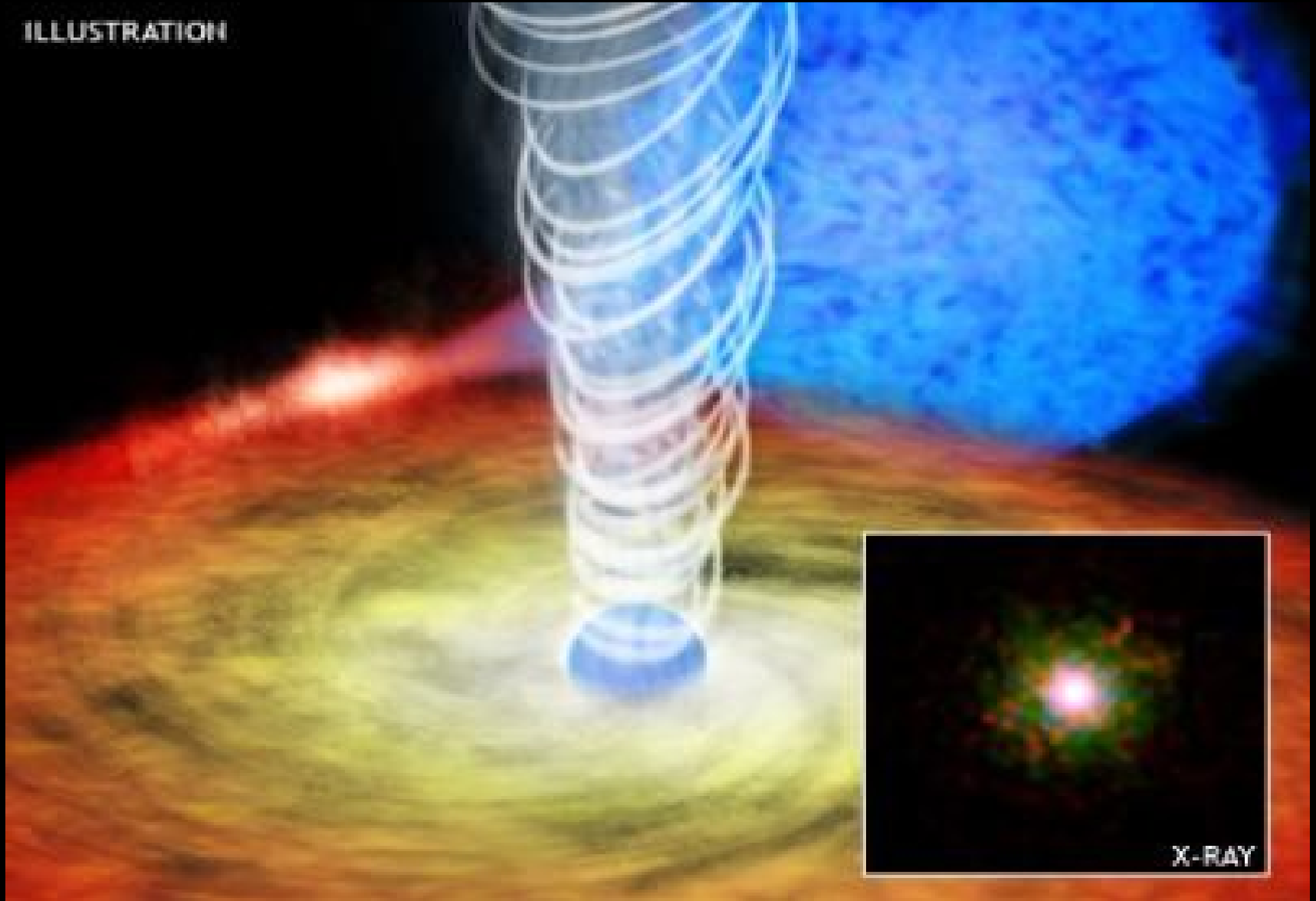
HARDY



Nova

Sistemas binarios compuestos por una estrella de neutrones

ILLUSTRATION



Emisión de Rayos-X

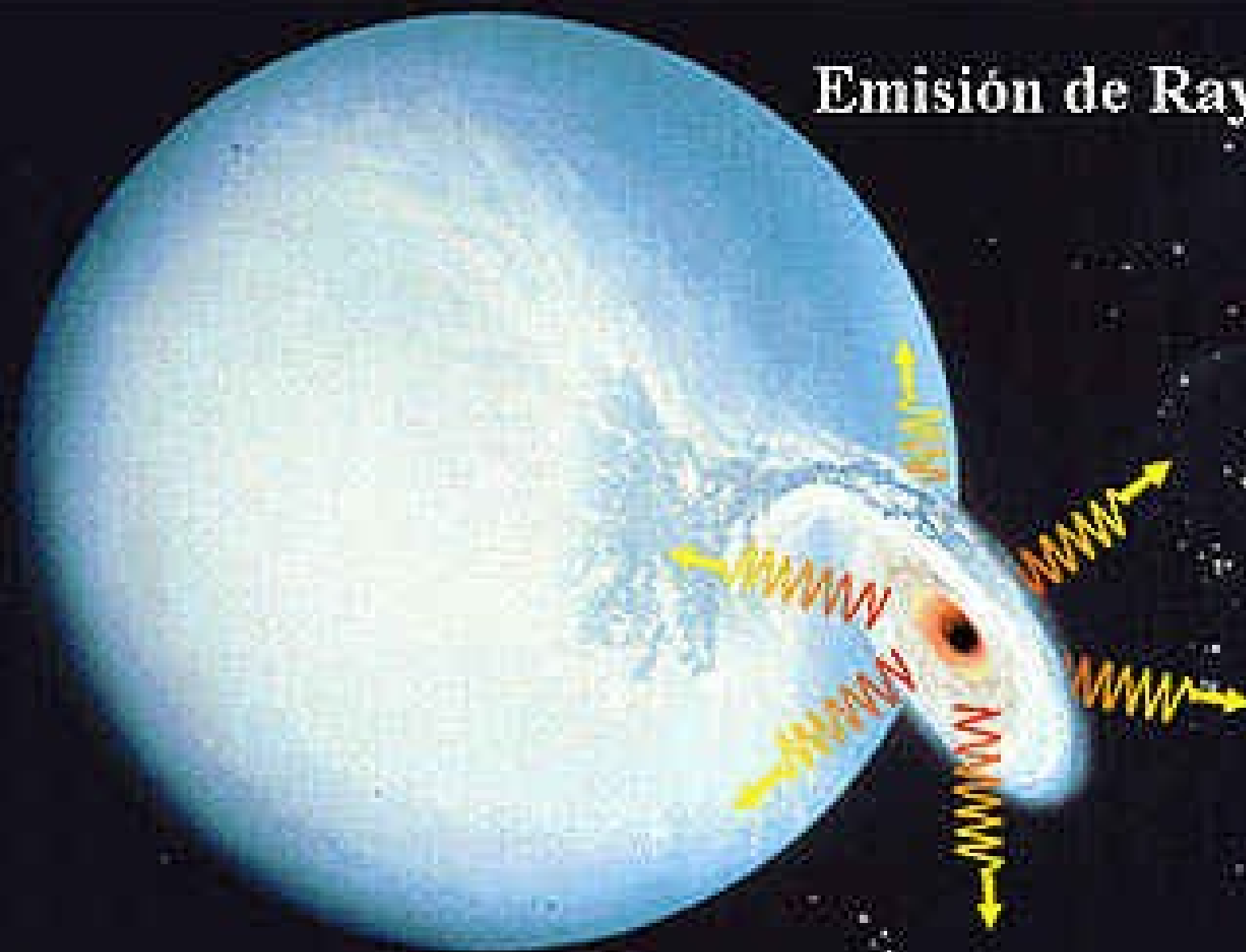
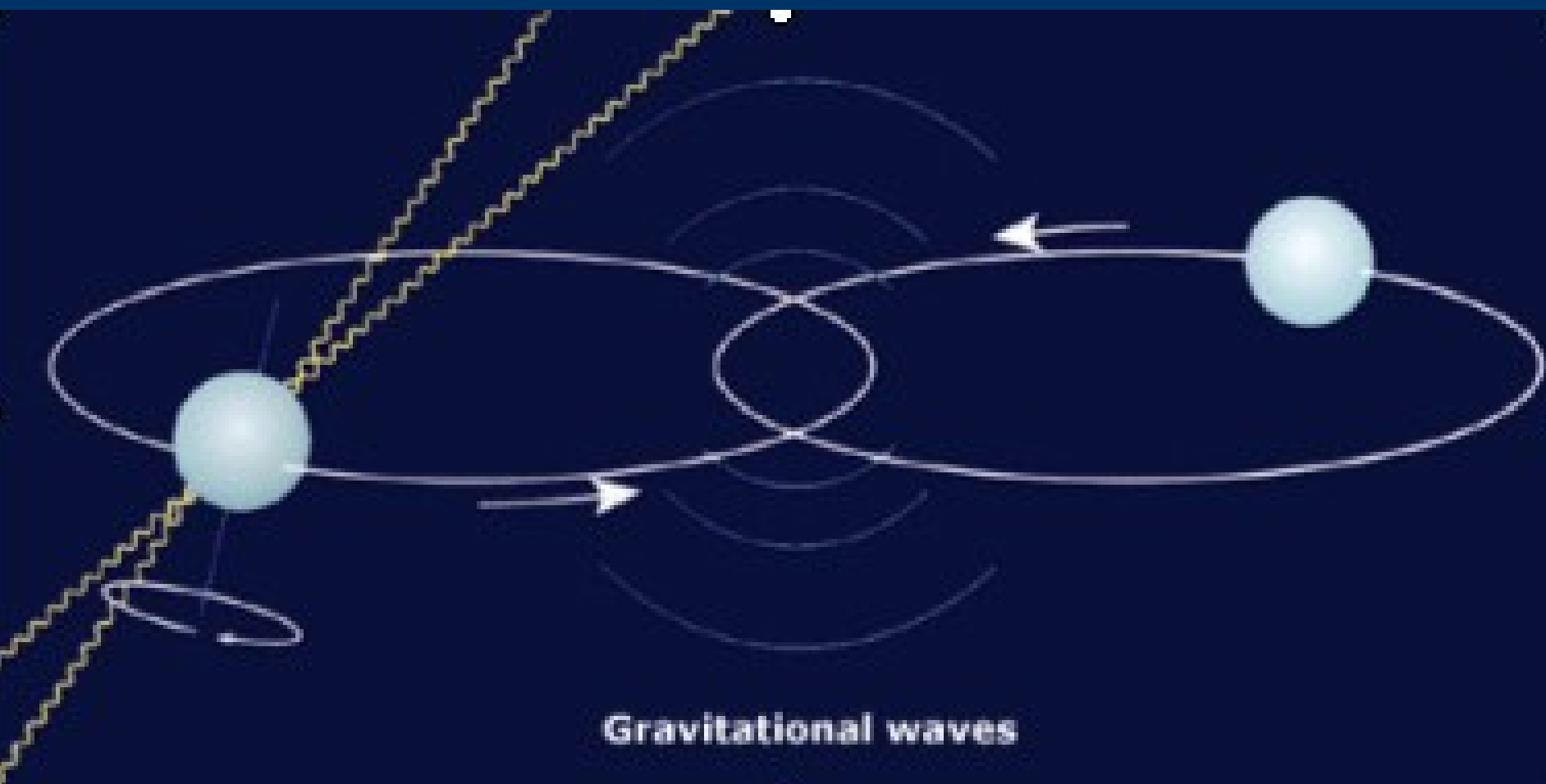
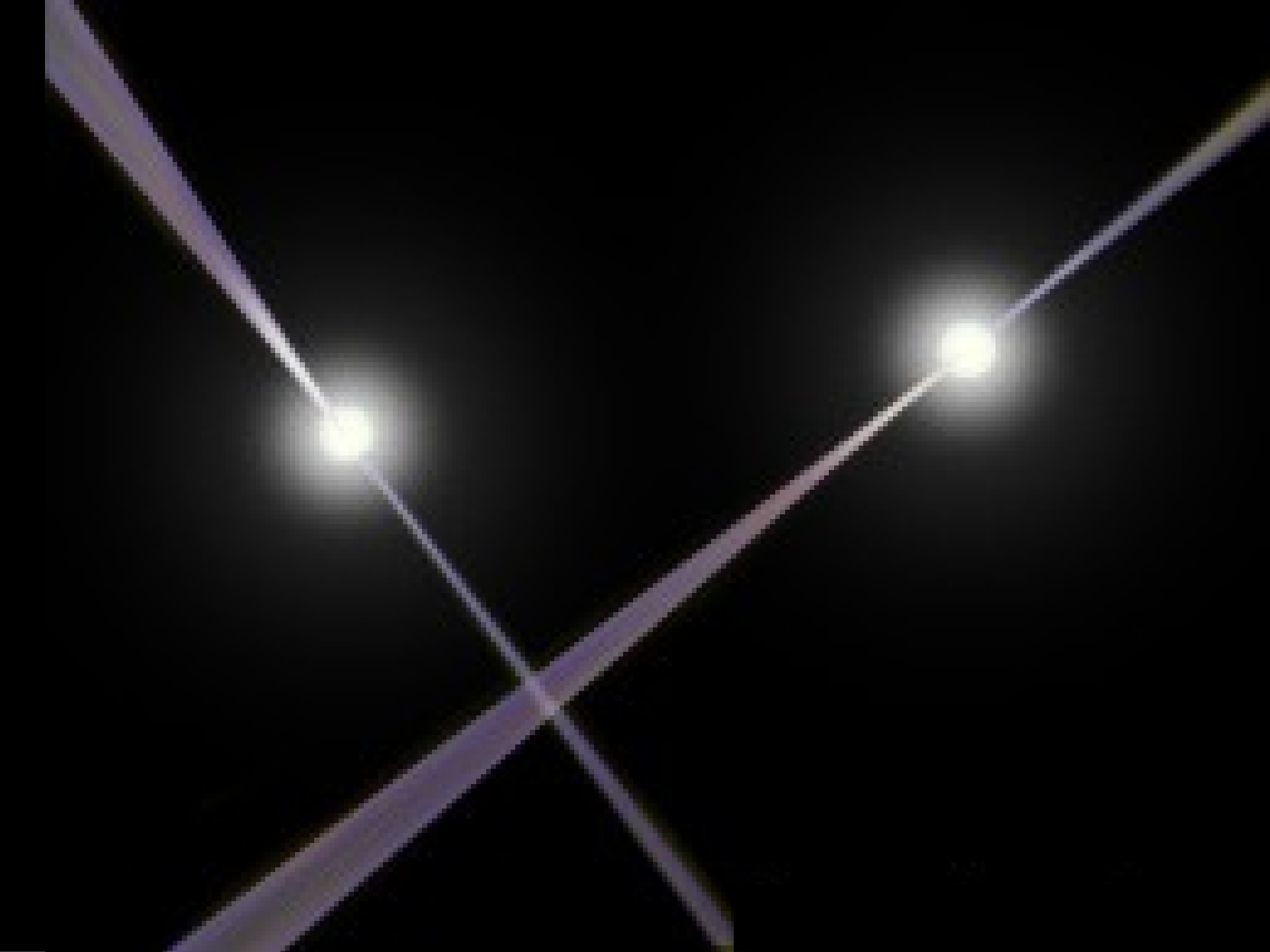


Ilustración de la <http://Chandra.harvard.edu/>





Sistemas binarios compuestos por una agujeros negros

