

Agujeros Negros Astrofísicos; *en la enseñanza de las ciencias*

Héctor Aceves

aceves@astro.unam.mx

Instituto de Astronomía, UNAM

Ensenada, BC



CUDI

23 - 25 mayo
2012

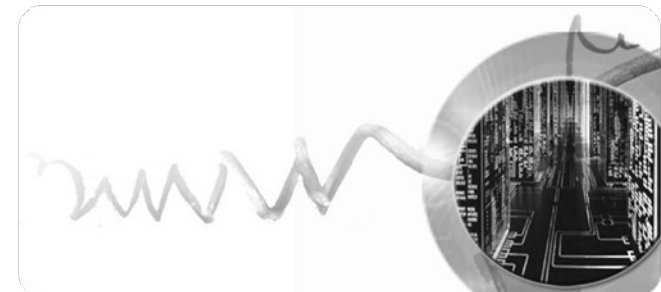
Ensenada, Baja California



CONTENIDO

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

1. INTRODUCCIÓN
2. AGUJEROS NEGROS ASTROFISICOS
3. GALAXIAS QUE ALBERGAN AGUJEROS NEGROS
4. COMENTARIOS FINALES



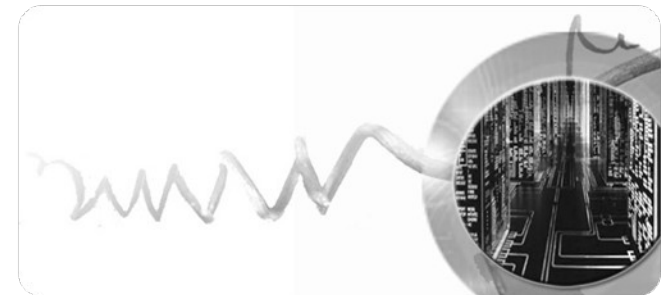
CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. AGUJEROS NEGROS ASTROFISICOS

3. GALAXIAS QUE ALBERGAN AGUJEROS NEGROS

4. COMENTARIOS FINALES



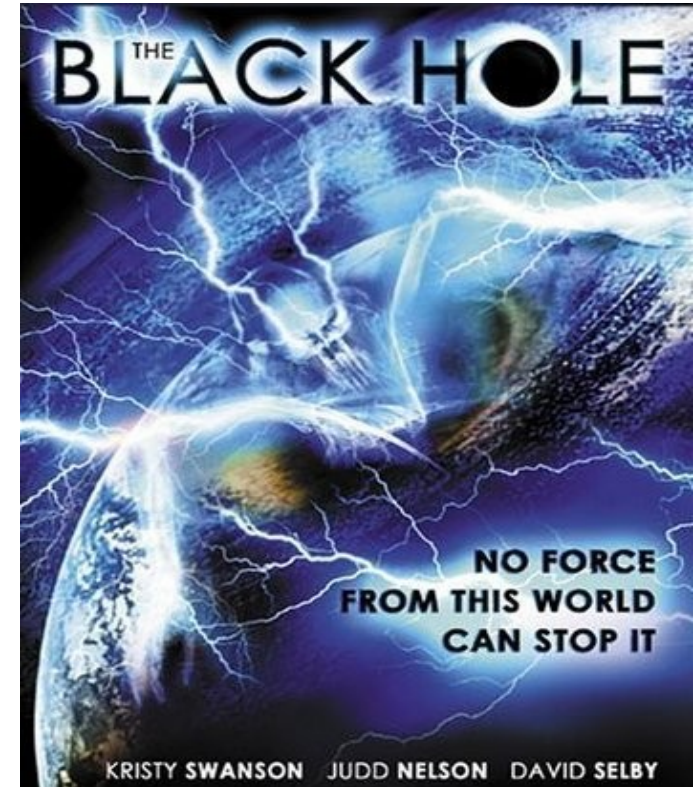


CUDI
23-25 mayo 2012

I. INTRODUCCIÓN

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

- * Tema muy atractivo en ciencia ficción
- * .. importante en física y astronomía





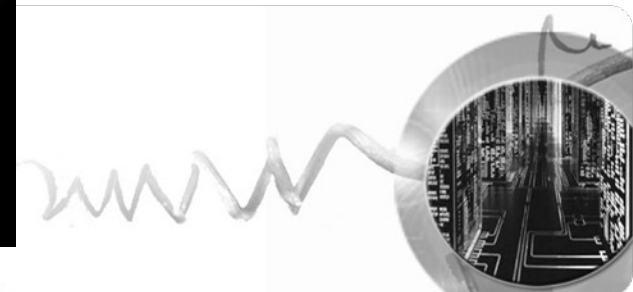
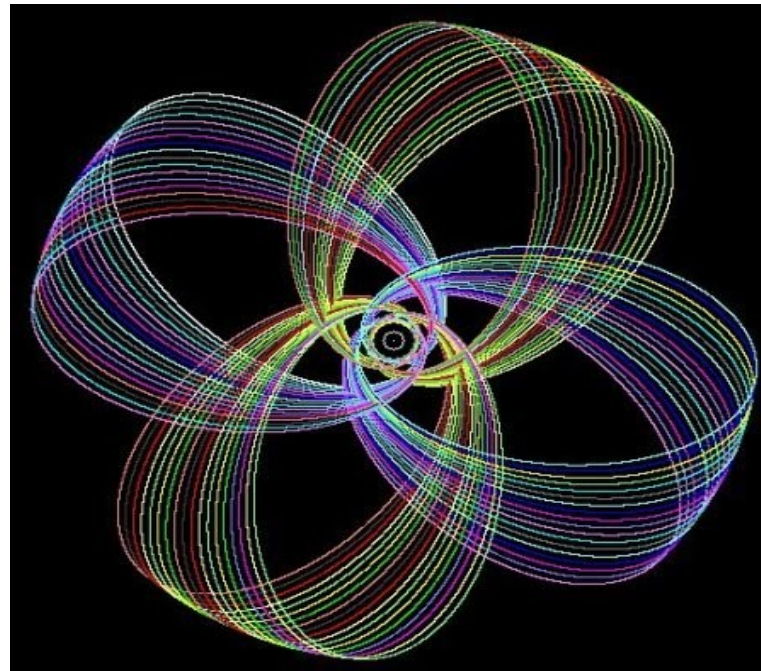
I.1 ..en la Enseñanza de las Ciencias Físicas

CUDI
23-25 mayo 2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

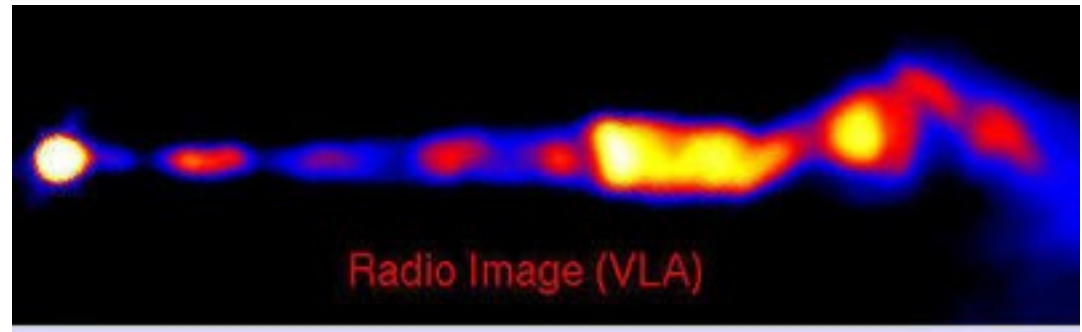
* Ofrece multitud de ejemplos para el aula, e.g:

Mecánica clásica: órbitas de partículas

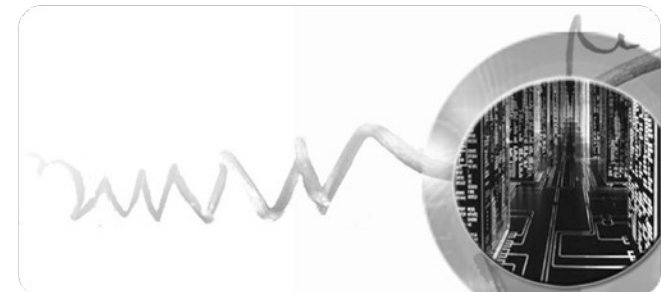
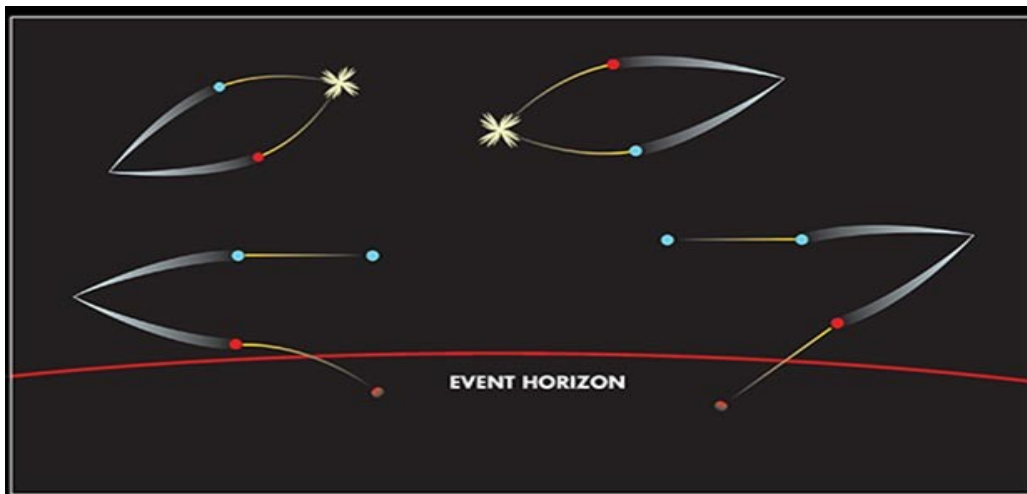




Electrodinámica:
radiación de partículas
cargadas



Mecánica cuántica: radiación de Hawking



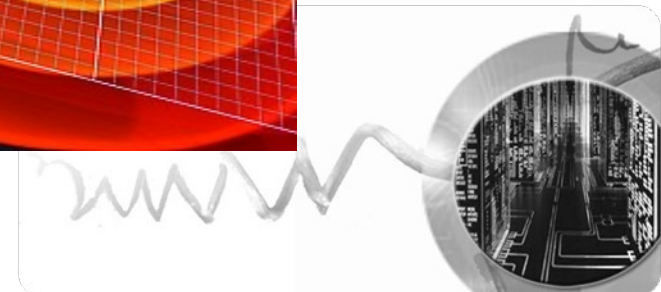
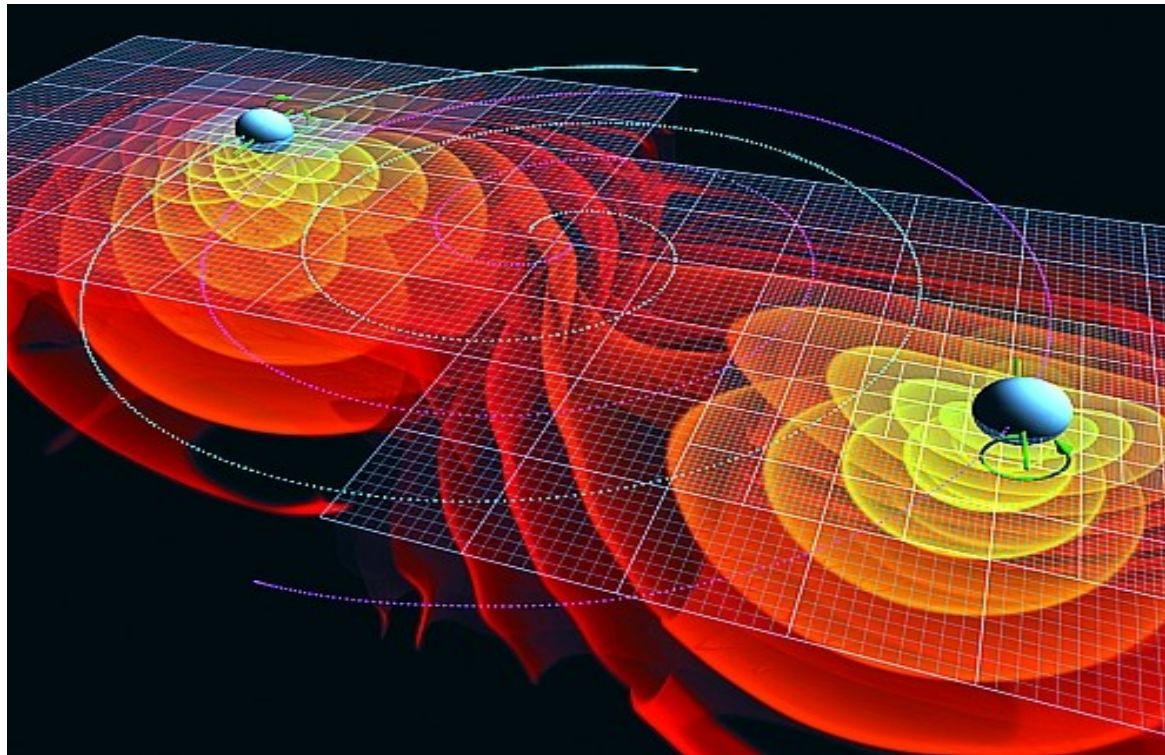


CUDI
23-25 mayo 2012

I.2 ..en la Enseñanza de las Ciencias Aplicadas

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

Métodos numéricos: ..algoritmos y visualización





..nuevas generaciones de estudiantes .. versados en:

CUDI
23-25 mayo 2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

Supercómputo: ..paralelismo, CPUs y GPUs ..





I.3 ..en la Enseñanza de la Historia de la Ciencia

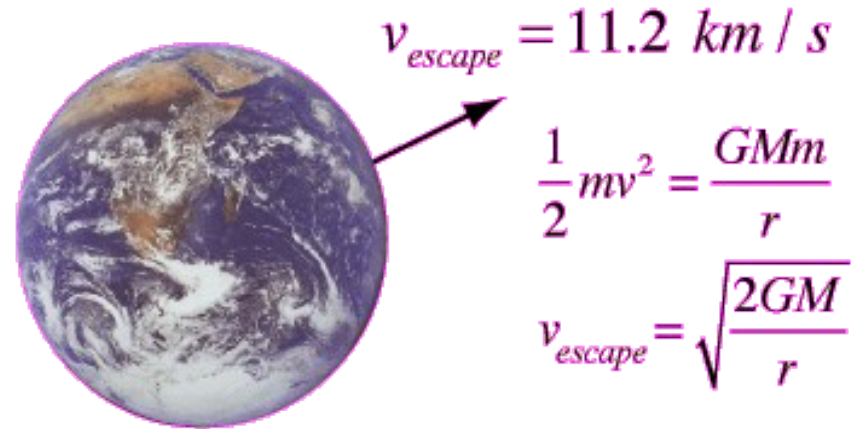
CUDI
23-25 mayo 2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

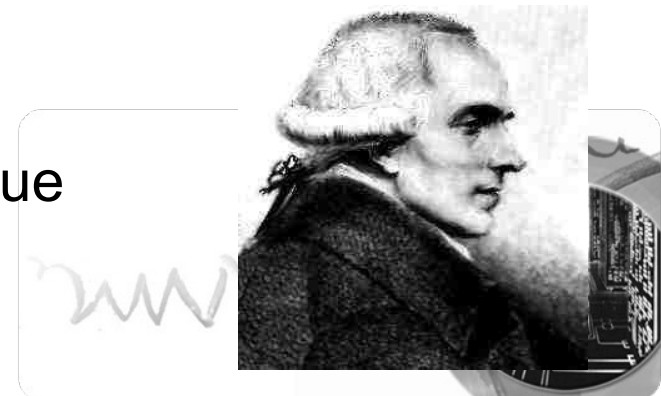
John Michell (1783) .. “dark stars” ...

velocidad de escape $K = U$

...si $V_{esc} = c \implies$ “agujero negro”



Laplace (1796) .. objetos de alta gravedad que atrapan la luz....





una idea de **Poincaré** ~ 1900

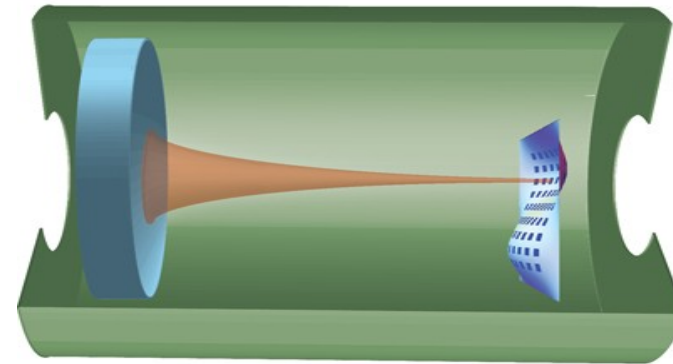
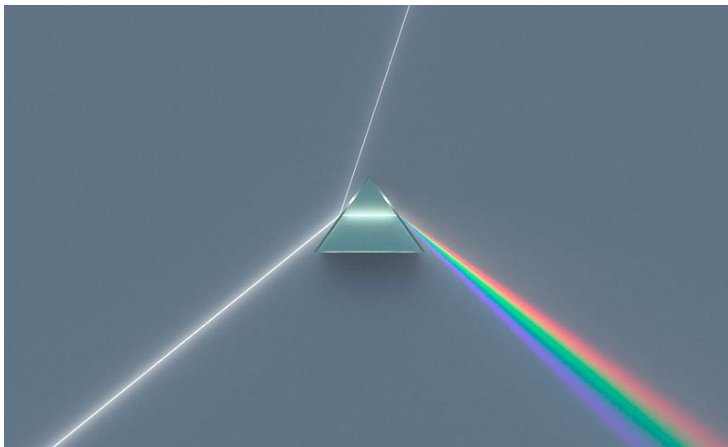
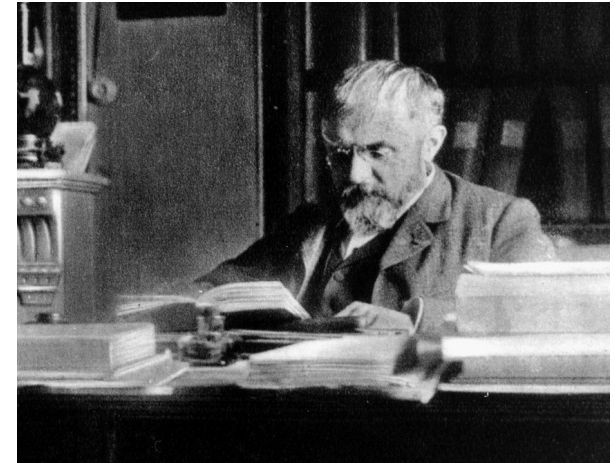
CUDI
23-25 mayo 2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

...la luz (radiación electromagnética) transporta **momentum y energía**

...al incidir sobre un objeto “lo mueve” como si fuera una **masa** chocando contra el..

...masa luz = Energía luz/ c^2 (**$m=E/c^2$**)





...Hilbert & Einstein 1916

CUDI
23-25 mayo 2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

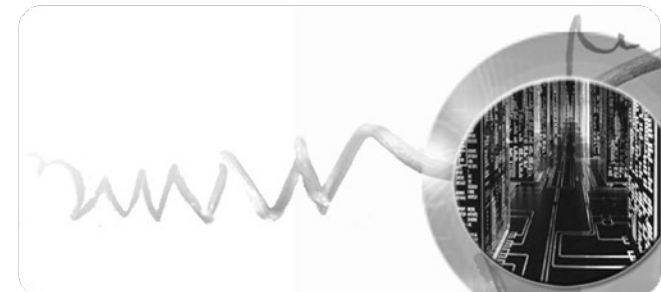


David Hilbert



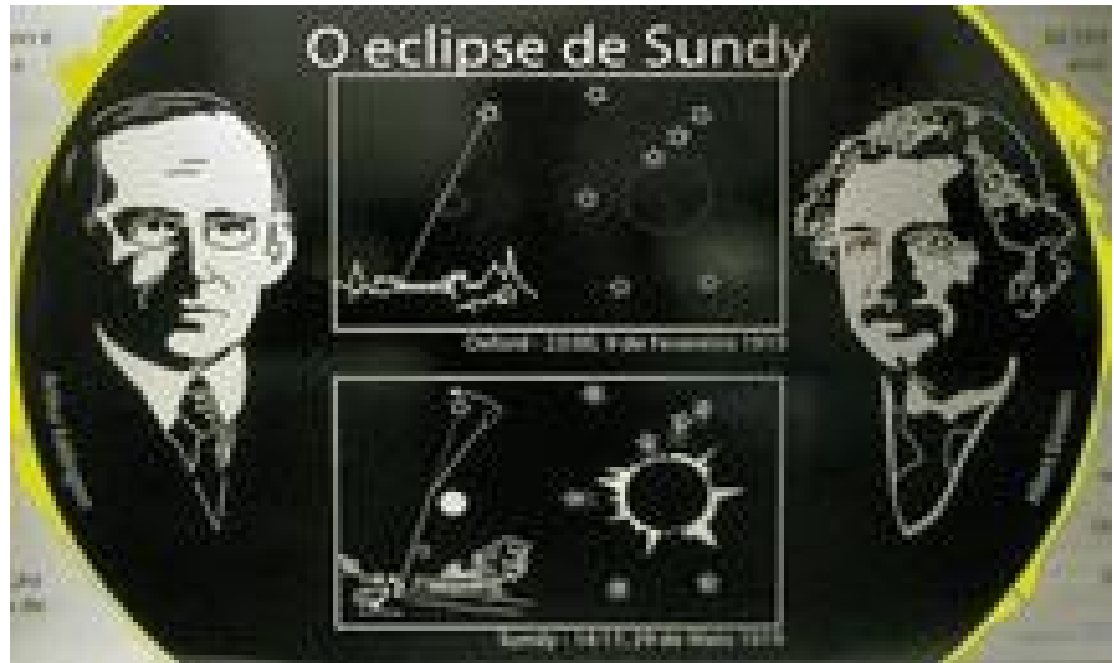
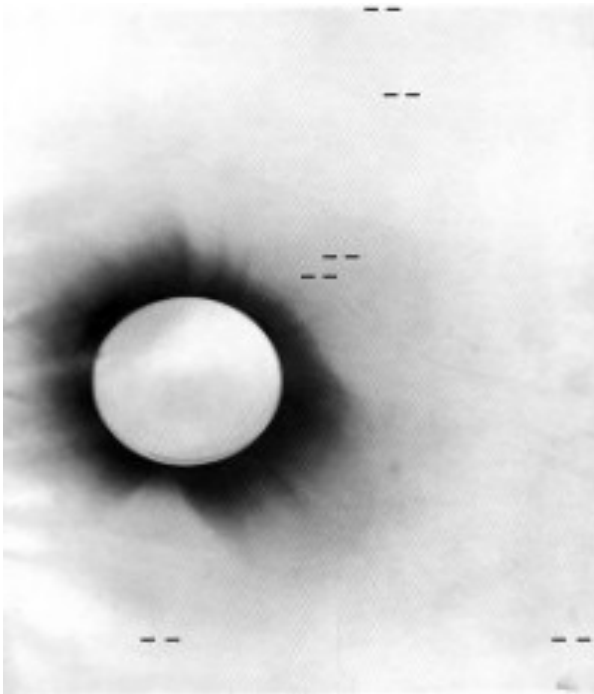
ALBERT EINSTEIN
1905

...relacionan las propiedades del **espacio-tiempo** con las de la **materia** (energía+momentum)



..la luz se comporta “casi” como partículas masivas

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California



Eclipse de Sol de 1919 ... **confirmación observacional**





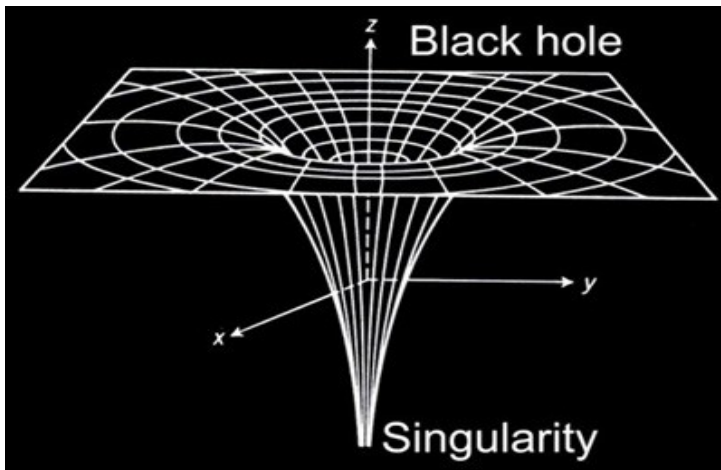
CUDI
23-25 mayo 2012

... "sabores" de los agujeros negros (AN)

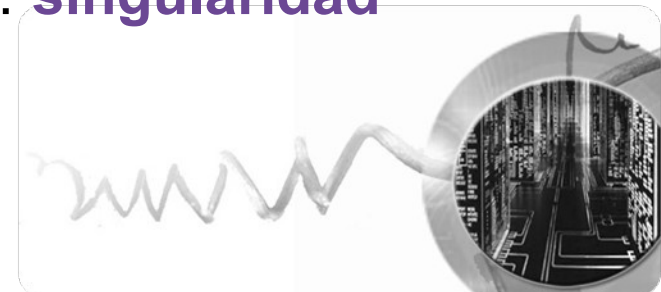
Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

1) Matemáticos:

Solución a las ecuaciones de Einstein para un objeto puntual..

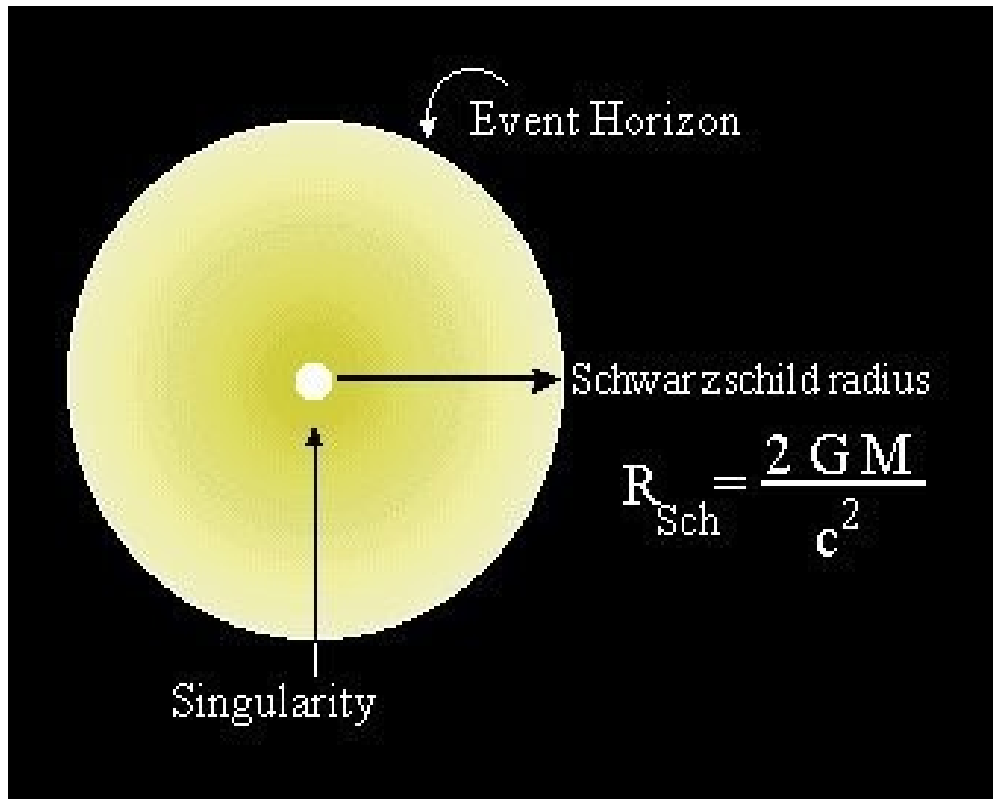


..toda su masa en un punto! ... **singularidad**



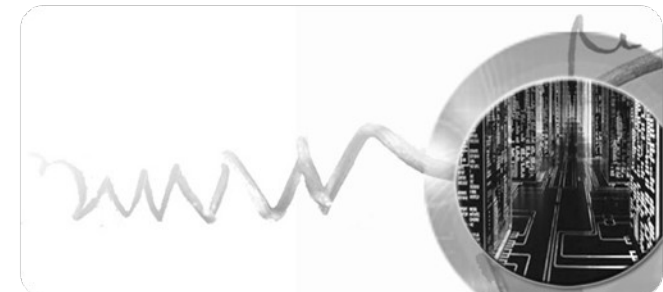


CUDI
23-25 mayo 2012



..pueden tener también espín y carga eléctrica

..radio de horizonte: no hay “comunicación dentro y fuera de el .. **no se puede “ver” la singularidad**



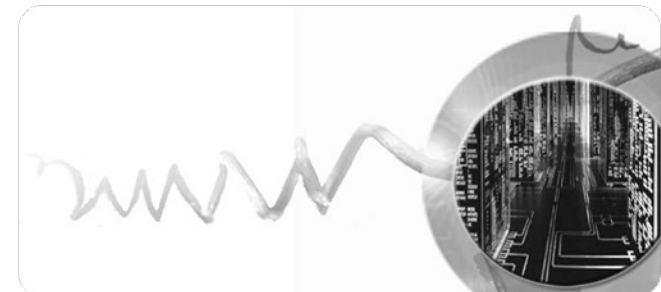


CUDI
23-25 mayo 2012

...algunos ejemplos de Radios de Schwarzschild

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

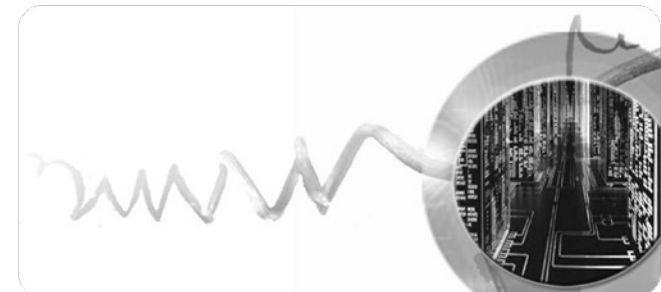
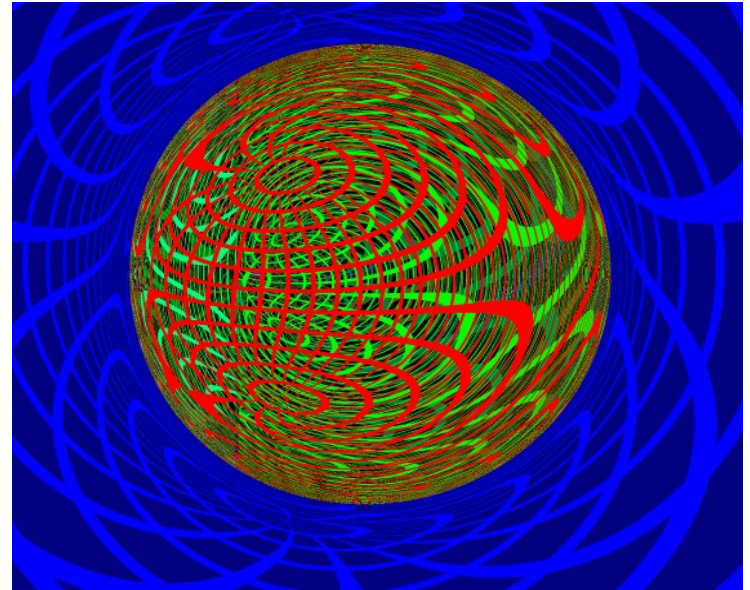
Object	Mass of Object (solar masses)	Radius (km)	Escape Velocity (km/s)	Schwarzschild Radius
Earth	0.00000304	6,357	11.3	9.0 mm
Sun	1.0	696,000	617	2.95 km
White Dwarf	0.8	10,000	5,000	2.4 km
Neutron Star	2	8	250,000	5.9 km
Galactic Nucleus	50,000,000	?	?	147,500,000 km



2.) ANs Físicos...

..toda su masa y carga
están dentro del radio
de horizonte

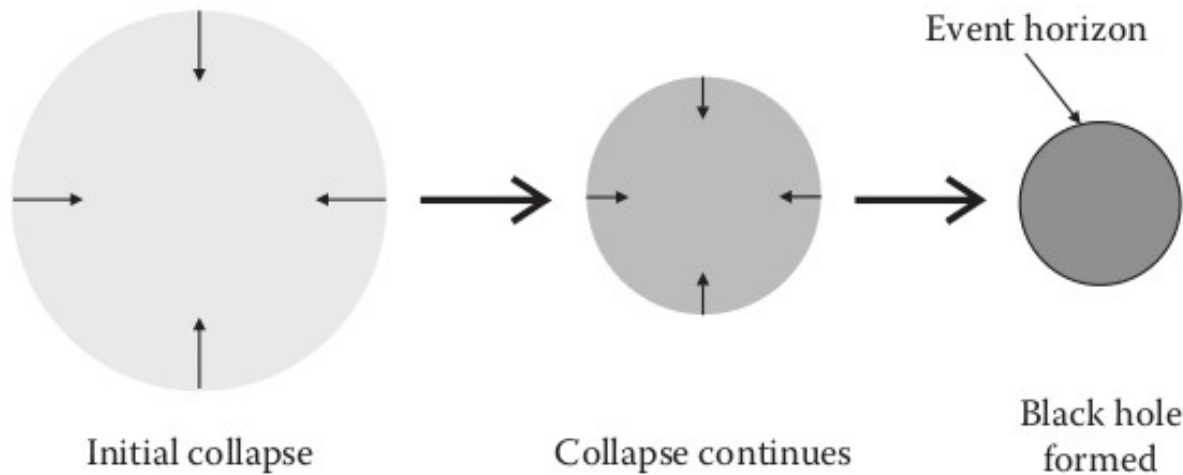
..pero no sabemos cómo
está distribuida dicha
materia!!!



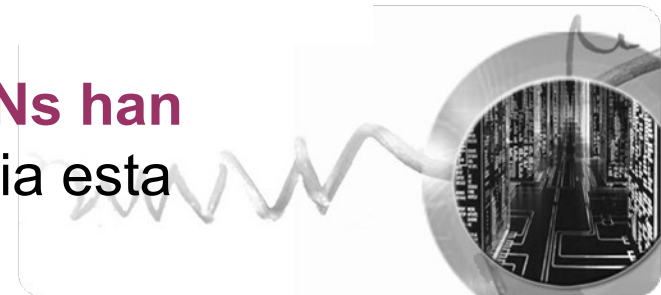


3.) ANs Astrofísicos...

Un AN físico, formado por un proceso astrofísico, por ejemplo:

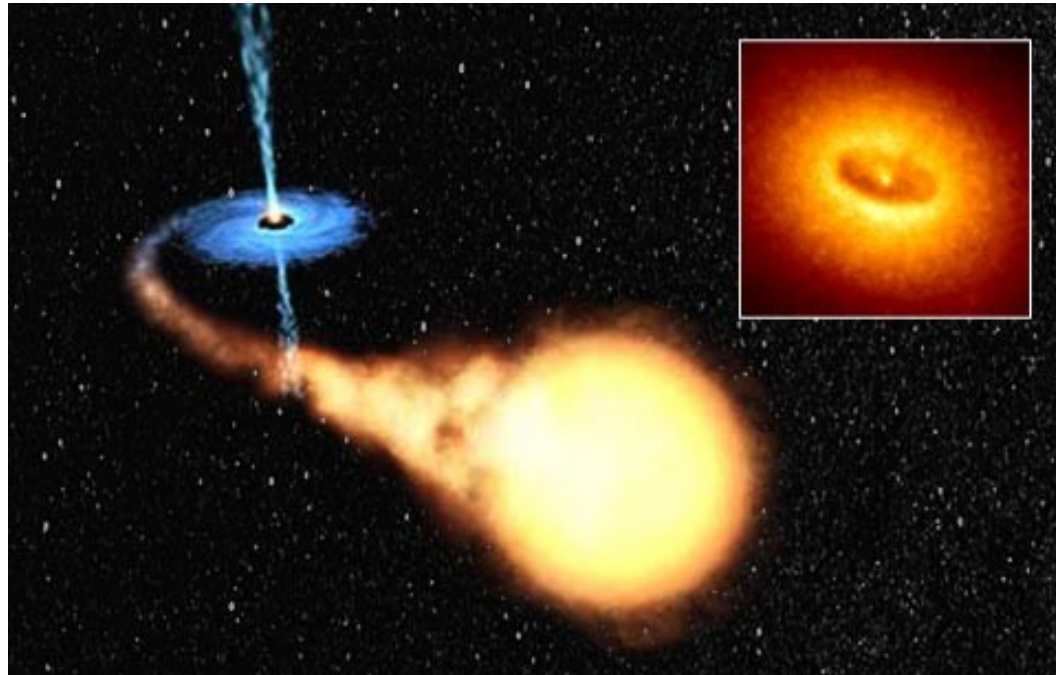


Todos los estudios observacionales de ANs han sido en AN-Astrofísicos! ..cuando la materia esta muy cerca del Radio de Horizonte

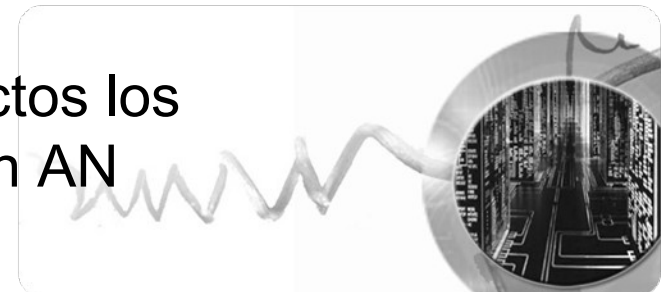


Todos los estudios observacionales de ANs han sido en AN-Astrofísicos! ..cuando la materia esta muy cerca del Radio de Horizonte

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California



Un AN puede acretar materia, ...son estos efectos los que indirectamente prueban la existencia de un AN



CONTENIDO

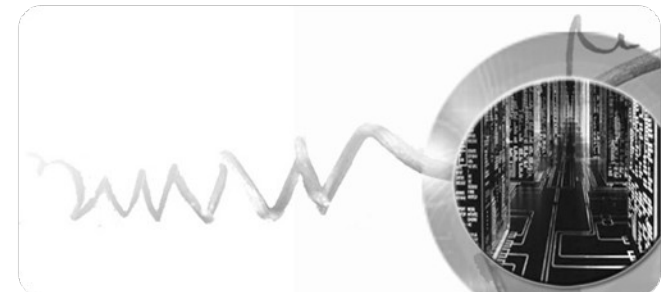
Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

1. INTRODUCCIÓN

2. AGUJEROS NEGROS ASTROFISICOS

3. GALAXIAS QUE ALBERGAN AGUJEROS NEGROS

4. COMENTARIOS FINALES



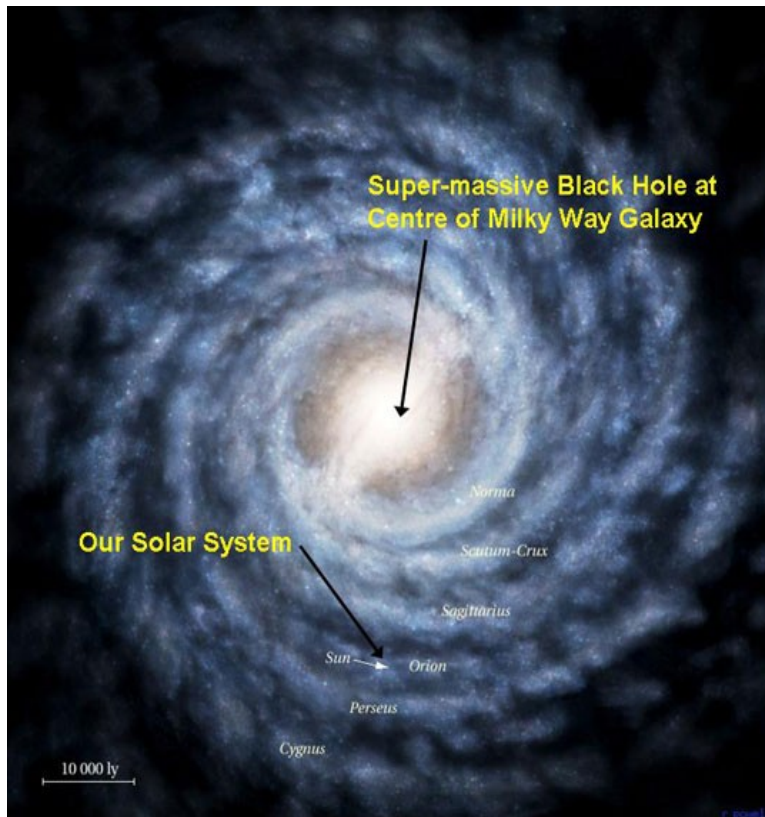


CUDI
23-25 mayo 2012

...los AN más grandes del universo !!!

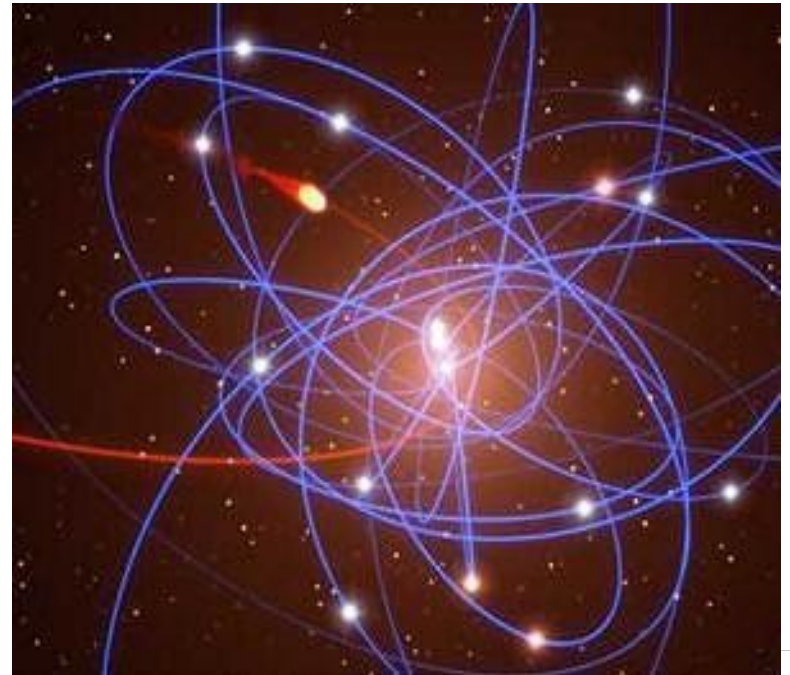
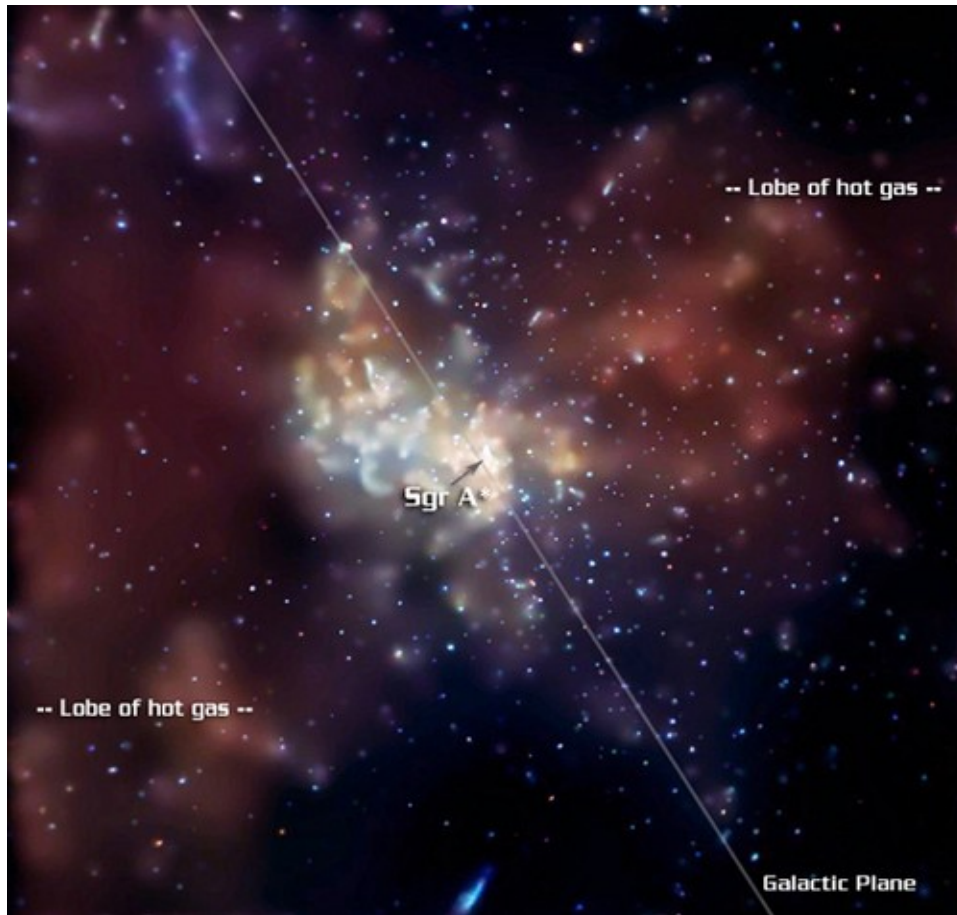
Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

1) en el centro de la Vía Láctea $M \sim 10^6 M_{\odot}$



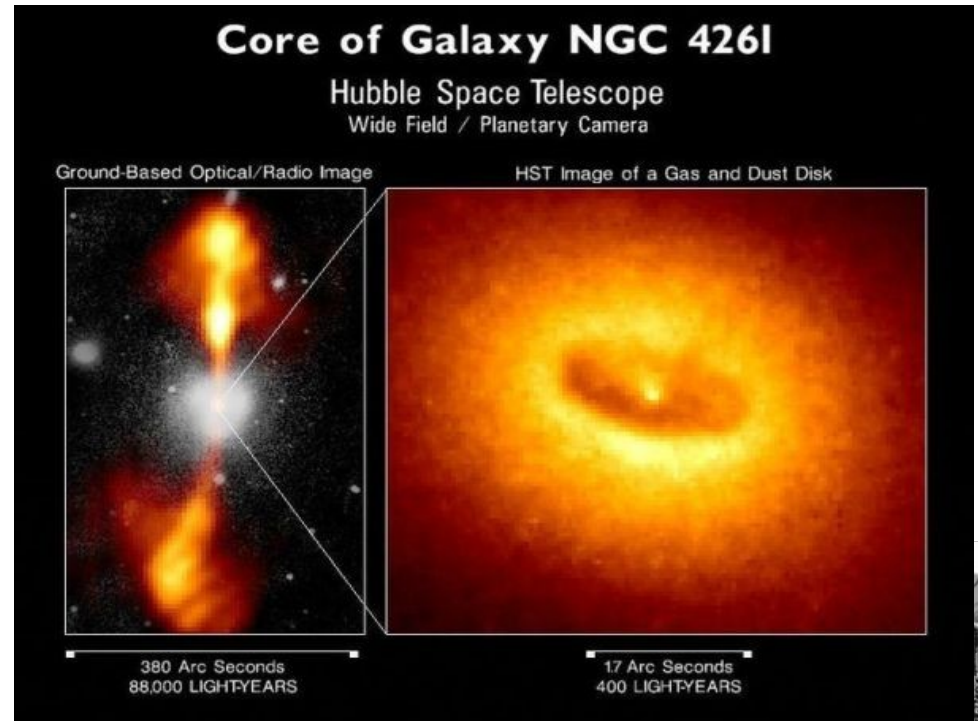


CUDI
23-25 mayo 2012





2) en el centro de galaxias Masivas ... $M \sim 10^9 M_{\odot}$

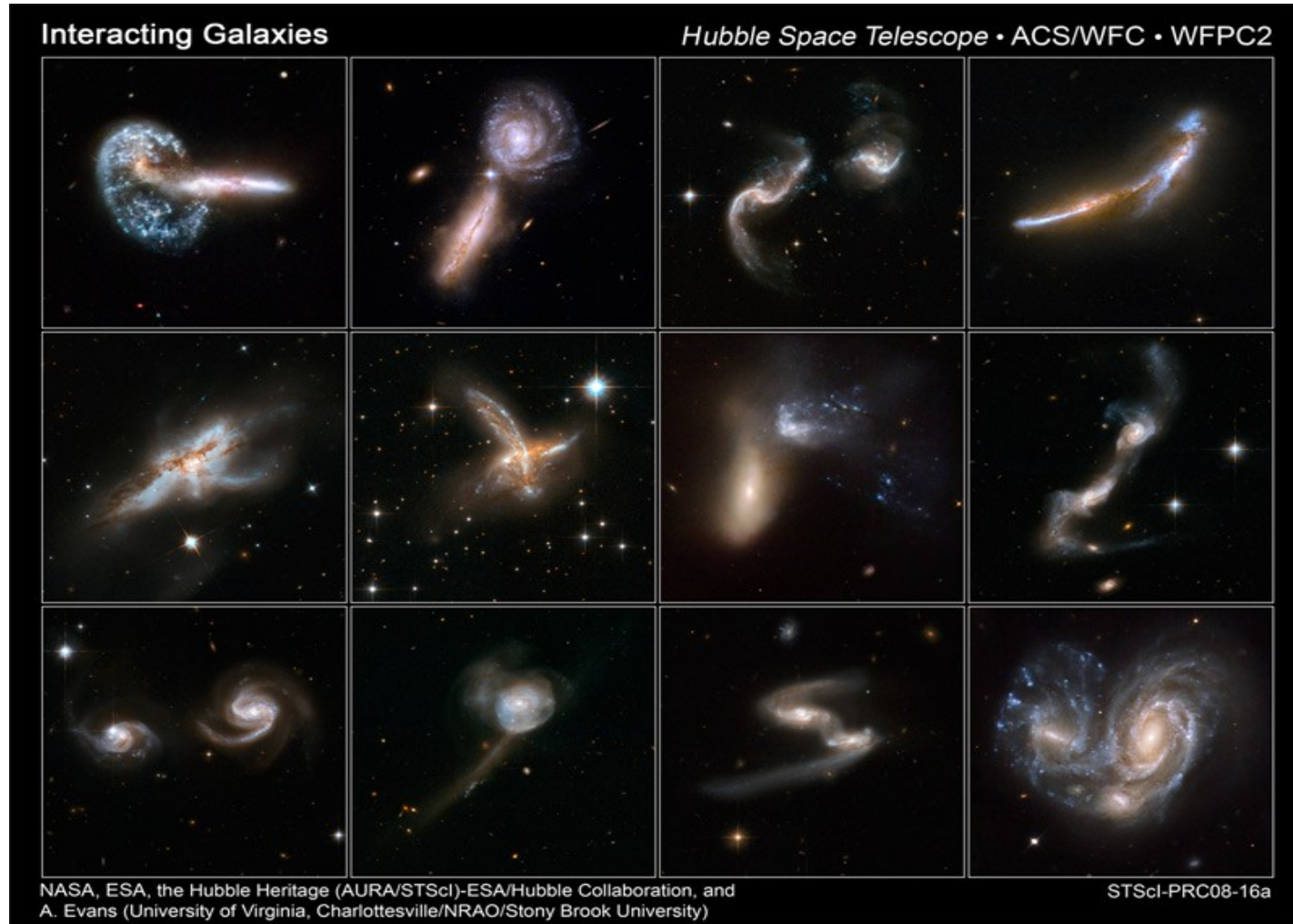




CUDI
23-25 mayo 2012

...cuando se juntan 2 grandes!

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California

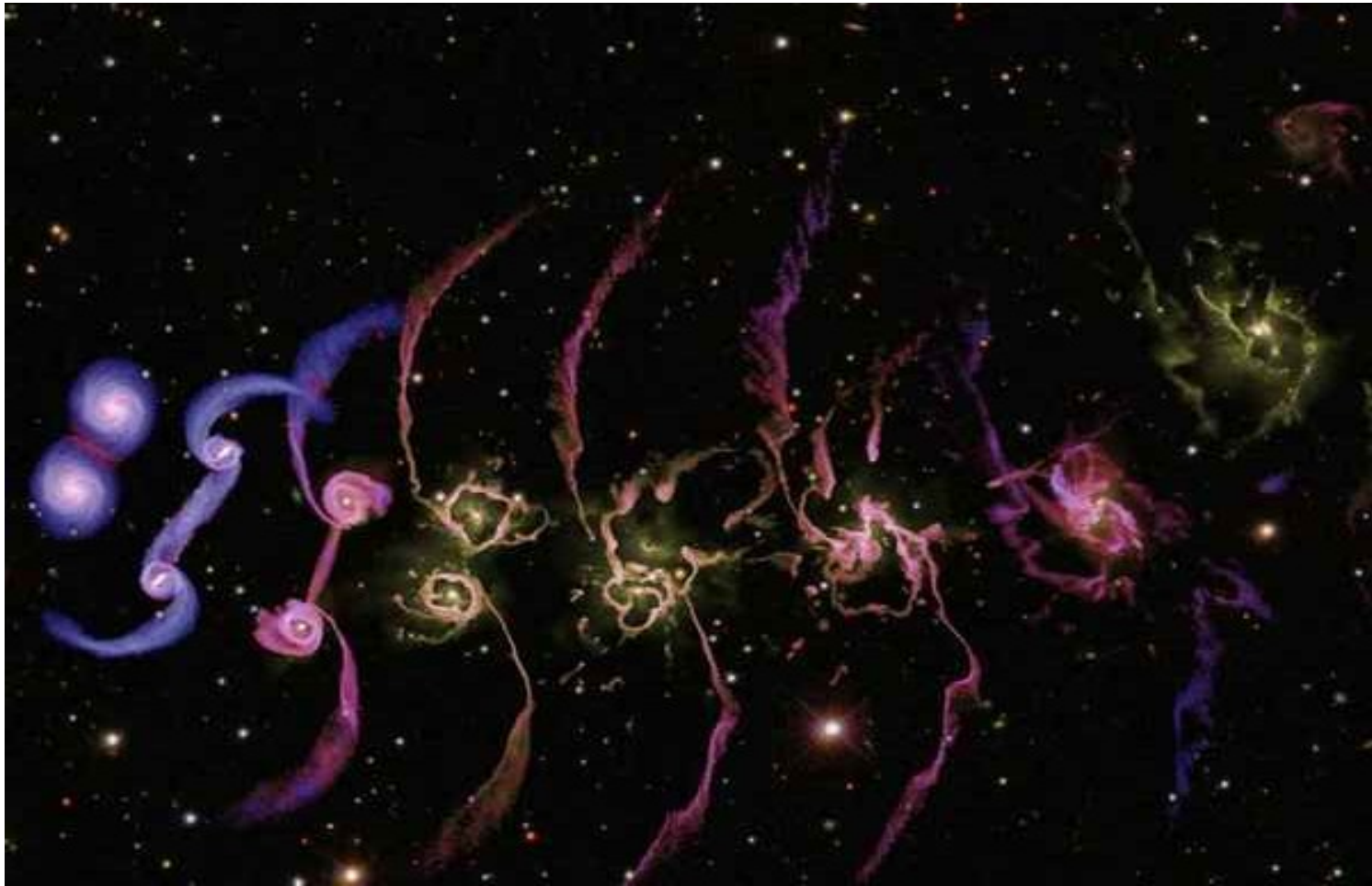




CUDI
23-25 mayo 2012

...una simulación numérica ..

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California



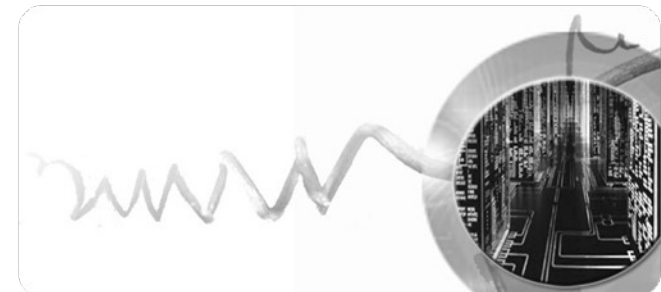
CONTENIDO

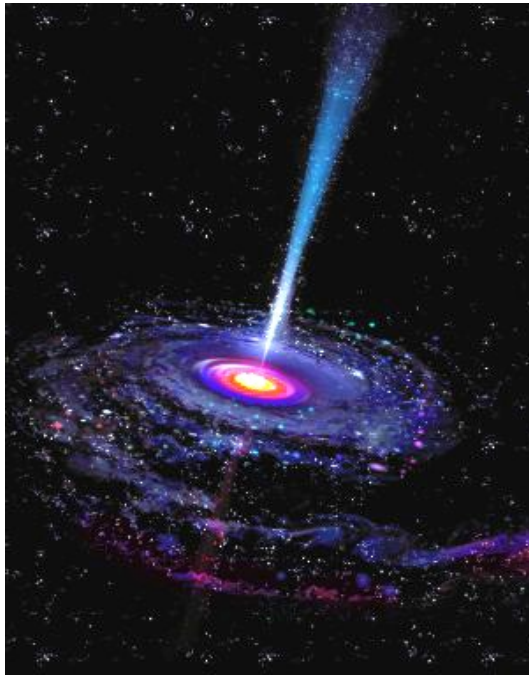
1. INTRODUCCIÓN

2. AGUJEROS NEGROS ASTROFISICOS

3. GALAXIAS QUE ALBERGAN AGUJEROS NEGROS

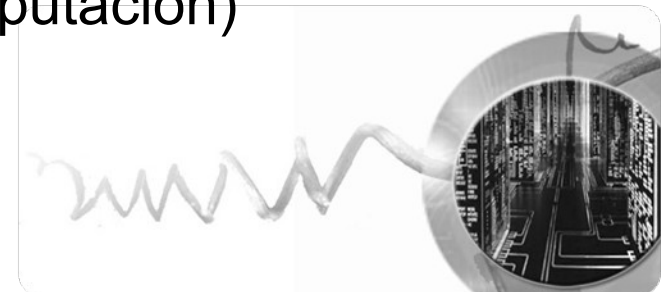
4. COMENTARIOS FINALES





1. Los AN astrofísicos ..papel fundamental en la estructura y evolución de las galaxias.

2. Los AN astrofísicos ..ofrecen ejemplos y retos en la enseñanza de las ciencias (e.g. física, matemáticas, computación)





CUDI
23-25 mayo
2012

Reunión Primavera 2012 | Ensenada, Baja California



...Muchas Gracias !!!

...preguntas, comentarios??

